ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 JANVIER 1925.

PRÉSIDENCE DE M. E.-L. BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. le professeur **Gorini**, de Milan, qui assiste à la séance.

MÉTÉORITES. — *La météorite de Roda.* Note de M. **A. Lacroix**.

Dans le petit groupe de météorites dépourvues de chondres et de fer métallique, la pierre tombée au printemps de 1871 à Roda (province de Huesca, en Espagne) occupe une place jusqu'ici incertaine. Son étude minéralogique détaillée n'a pas été faite et les discussions auxquelles elle a donné lieu ont été basées sur une analyse chimique incomplète de Pisani (1). Un petit fragment de l'échantillon unique, d'une centaine de grammes, conservé au Muséum m'a servi à l'étude dont je communique les résultats à l'Académie.

La cassure de cette pierre est très caractéristique; elle montre des grains anguleux d'un silicate jaune verdâtre, translucide, réunis d'une façon très lâche par des débris blanchâtres plus petits. Un seul grain de plagioclase a été observé à l'œil nu. La croûte est noire, terne et bulleuse.

L'examen microscopique fait voir que le silicate prédominant est l'hyper-

(1) *Comptes rendus*, t. 89, 1874, p. 1507. Cf. aussi Daubrée, *Ibid.*, p. 1509. Ce que Daubrée a pris pour un verre bulleux moulant l'hypersthène est constitué par la résine employée pour donner à la roche la cohésion indispensable à la confection d'une lame mince.

sthène, incolore en lames minces, renfermant des inclusions microperthitiques très fines d'un pyroxène monoclinique (diopside-hypersthène) dont les longues aiguilles parallèles, toujours indépendantes les unes des autres, ne présentent pas une orientation optique uniforme dans un même hôte d'hypersthène; elles sont orientées suivant l'une ou l'autre des deux positions des individus constituant une macle suivant $h^1(100)$; c'est là un fait assez rare que j'ai cependant observé déjà dans les microperthites de quelques dolérites terrestres.

Certaines des plaques minces taillées dans cette météorite ne renferment presque que de l'hypersthène, alors que d'autres sont fort riches en olivine; la bytownite est très peu abondante, elle est maclée suivant les lois de l'albite et de la péricline. Il existe enfin des traces de pyrrhotite et de chromite.

La structure est bréchiforme; tous les minéraux sont brisés et leurs fragments sont anguleux, comme si la roche avait été concassée sur place; les petits débris ne diffèrent des gros que par leurs dimensions. Il semble que la roche originelle ait été grenue, à très gros grain, ce qui expliquerait l'hétérogénéité dont il vient d'être question, les portions constituées par un seul minéral, hypersthène ou péridot, résultant de l'écrasement d'un gros cristal de l'un ou de l'autre de ces minéraux.

De cette description et de l'analyse chimique donnée plus loin, il résulte que la météorite de Roda ne diffère minéralogiquement et chimiquement des harzburgites terrestres que par une teneur plus élevée en fer; c'est là, du reste, une remarque qui est commune à la plupart des aérolithes holomélanocrates ([1]), quand on les compare aux roches similaires de notre globe. Une autre comparaison s'impose, avec l'hypersthénite d'Arvieu (Aveyron) dont, il y a quelques années, j'ai publié l'analyse (analyse 3). Si l'on met de côté la teneur un peu supérieure en alumine et en chaux de celle-ci, particularité sans grande importance, on voit que les deux roches ne diffèrent guère que par le degré d'oxydation du fer. Alors que celui-ci se rencontre uniquement à l'état ferreux dans la météorite, il existe, en partie, à l'état ferrique dans la roche terrestre; cette différence d'oxydation a entraîné des conséquences minéralogiques importantes; dans l'hypersthénite, il s'est produit de la magnétite; par suite, la quantité de fer et de magnésie est devenue sensi-

---

([1]) Il faut en excepter l'*aubrite* (Aubrite, Bustee, Bishopville) qui, elle, au contraire, est formée essentiellement d'enstatite à peu près complètement dépourvue de fer, et par suite plus magnésienne que toutes les enstatites terrestres connues.

blement celle nécessaire pour former un métasilicate avec la silice et il ne s'est pas produit d'orthosilicates, comme dans la pierre de Roda, où la totalité du fer est combinée à la silice. C'est là une manifestation — par ailleurs bien mise en évidence par la discussion de la composition chimique et minéralogique des chondrites renfermant du fer métallique — du rôle capital que joue la teneur en oxygène dans le déterminisme de la composition minéralogique des météorites.

Analyses. — Météorite de Roda 1. (M. Raoult). — 2. *Ibid.* (Pisani) — 3. *Hypersthénite* (Arvieu, M. Raoult). — *Diogénites.* 4. Shalka (von Foullon). — 5. Manegaon (Maskelyne). — 6. *Howardite*, le Teilleul (M. Raoult).

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
SiO^2	50,38	51,51	49,90	52,51	53,63	48,14
Al^2O^3	2,86	2,30	3,35	0,66	»	11,88
Fe^2O^3	»	»	7,23	»	»	2,35
FeO	14,91	17,04	8,15	16,81	20,48	14,60
MgO	27,10	26,61	26,64	28,35	23,32	13,93
CaO	1,42	2,31	3,10	0,89	1,40	7,88
Na^2O	0,38	0,80	0,40	0,22	»	0,22
K^2O	0,31		0,15	»	»	0,24
TiO^2	»	»	0,60	»	»	0,19
P^2O^5	0,04	»	tr.	»	»	0,17
H^2O (+)	0,33	»	0,36	»	»	0,16
» (—)	0,17	»	»	»	»	0,06
MnO	0,22	»	0,18	»	»	0,22
Cr^2O^3	0,64	0,34	»	1,25	1,03(1)	»
Fe	1,10	»	»	»	»	0,17
S	0,63	0,40	0,39	0,39	»	0,10
	100,49	101,31	100,45	101,08	99,86	100,31

L'attaque directe de la météorite de Roda donne pour l'olivine le rapport MgO : FeO = 3,3, d'où l'on déduit la valeur 3 pour le même rapport dans l'hypersthène. La composition minéralogique calculée est :

Or	1,67	10,09	Felsdpaths
Ab	3,14		
An	5,28		
$CaSiO^3$	0,70	64,73	Hypersthène
$MgSiO^3$	47,00		
$FeSiO^3$	17,03		
Mg^2SiO^4	14,42	22,38	Olivine
Fe^2SiO^4	7,96		
$FeCr^2O^4$		0,99	Chromite
FeS		1,73	Pyrrhotite

Le plagioclase calculé renferme 52 à 63 pour 100 d'anorthite, suivant que l'on fait

(1) Chromite.

intervenir ou non l'orthose dans le calcul; ces valeurs sont trop faibles, vis-à-vis de la réalité, car la densité mesurée, 2,73, indique une bytownite plus calcique; mais, eu égard à la petite quantité d'alcalis pesée, il ne faut pas attacher d'importance à cette différence.

Il y a lieu, en terminant, de discuter la place que la météorite de Roda doit occuper dans la systématique, des opinions contradictoires ayant été émises à ce sujet : se basant sur la probabilité de l'existence de plagioclases, M. Brezina, tout en rangeant cette pierre sous le nom de *rodite*, à la suite de l'amphotérite, s'est demandé si elle n'était pas une howardite, pauvre en augite. Une semblable hypothèse n'est pas admissible, les howardites, en effet, sont des norites extraterrestres, déformées par actions mécaniques de la même façon que la roche de Roda, mais le plagioclase y joue un rôle essentiel ; dans celle tombée au Teilleuil (Manche), en 1865, et dont l'analyse est donnée ci-dessus (analyse 6), un plagioclase à 95 pour 100 d'An forme 34 pour 100 de la roche ; d'ailleurs on vient de voir que la rodite ne renferme pas d'augite.

M. Stanislas Meunier a admis l'identité de la météorite de Roda et de celle de Shalka, mais il a admis, en outre, à la suite de G. Rose et de Rammelsberg, une composition minéralogique inexacte pour cette dernière, olivine et hypersthène, alors qu'en réalité, comme Maskelyne l'a montré le premier, cette pierre ne contient que de l'hypersthène et de la chromite.

Les trois météorites de Shalka, de Manegaon et d'Ibbenbühren sont à réunir dans le type *diogénite* de M. Tschermak. La différence de composition minéralogique qu'elles présentent avec la roche de Roda est une conséquence de ce que, à l'inverse de ce qui a lieu dans celle-ci, où la teneur en silice est insuffisante pour constituer uniquement des métasilicates avec le fer et la magnésie, la proportion de silice est plus grande qu'il ne faut pour donner naissance à ces minéraux ; il existe même un petit excès de silice qui n'est que de 2,1 pour 100 dans l'analyse de la météorite de Shalka reproduite plus haut, mais atteint 9,5 pour 100 dans celle de Manegaon ; cette dernière renferme probablement de la tridymite, d'après une ancienne observation de M. Tschermak [1].

---

[1] M. Tschermak a vu dans cette météorite, dont je n'ai pas eu d'échantillon entre les mains, un minéral maclé qu'il a attribué avec doute à la tridymite ou à un plagioclase (*Die mikroskopische Beschaffenheit der Meteoriten*, 1885, p. 10). Si l'analyse donnée par Maskelyne est exacte, il ne peut s'agir de plagioclase, puisque cette analyse ne comporte pas d'alumine. On voit par la comparaison des analyses données plus haut que la roche de Roda se distingue encore des diogénites par sa teneur notable en alumine.

Je ferai remarquer, en passant, que la structure de la pierre de Roda, telle qu'elle a été décrite plus haut, diffère de celle des diogénites. Dans un échantillon de Shalka, que je dois au Service géologique de l'Inde, les grandes plages d'hypersthène sont brisées, tordues, traversées par des veinules à structure cataclastique, alors que dans d'autres points s'observe une structure uniformément cataclastique, mais à éléments plus ou moins fins, avec trace de laminage, phénomène extrêmement rare dans les météorites. Il s'agit là incontestablement d'une déformation structurale d'origine tectonique, alors que celle de la météorite de Roda semble plutôt due à l'action de chocs ou d'explosions.

A tous égards, la roche de Roda doit donc être distinguée des diogénites. Reste la comparaison avec l'amphotérite. Ce type lithologique est réalisé par les aérolites de Manbhoom et de Jelica. Il est singulier que les spécialistes de l'étude des météorites aient rangé l'amphotérite parmi les achondrites, tout en y décrivant les chondres très caractéristiques qu'ils renferment : il faut remarquer, en outre, que leur feldspath n'est point la bytownite, mais l'oligoclase. L'amphotérite me paraît représenter l'aboutissant, extrêmement pauvre en fer métallique très nickelifère, de la série des chondrites à hypersthène et olivine dont elle ne doit pas être séparée.

Pour toutes ces raisons, il est légitime de considérer la météorite de Roda comme constituant un type distinct d'achondrites, auquel peut être maintenu le nom de *rodite*.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *L'hérédité des caractères acquis constatée par le déplacement de l'optimum thermique*. Note (¹) de MM. **Charles Richet, Eudoxie Bachrach** et **Henry Cardot**.

I. L'hérédité des caractères acquis est un des problèmes les plus graves de la biologie générale. On ne peut trop multiplier et varier les recherches qui l'établissent ou l'infirment.

Nous avons, par une série d'expériences nouvelles, pu démontrer cette hérédité des caractères acquis; autrement dit la formation d'une espèce différente de l'espèce primitive.

A cet effet, nous avons étudié l'influence de la température sur des souches de bactéries lactiques dérivant toutes de la même origine, mais ayant subi une intoxication prolongée pendant de nombreuses générations.

---

[1] Séance du 5 janvier 1925.

Nous avons utilisé pour cela le bloc à série de températures constantes ([1]), qui permet de déterminer simplement et rapidement l'optimum thermique d'une fermentation.

L'influence de la température sur nos fermentations lactiques fut évaluée, soit en dosant l'acidité, soit en appréciant au néphélémètre la densité de la population microbienne. Ces deux procédés donnent en général des résultrès concordants; ce qui prouve que la multiplication microbienne et l'activité biochimique varient parallèlement.

II. Quand on détermine l'action de la température sur une souche normale, cultivée en son milieu habituel, on obtient, soit par l'acidimétrie, soit par la néphélémétrie, une courbe de forme caractéristique, avec un maximum correspondant à la température habituelle de culture pour cette souche, soit 36°-37°.

Or nous avons vu que la forme de cette courbe et la position du maximum se modifient, lorsque la souche a subi l'action prolongée d'un toxique.

Parmi nos nombreuses expériences nous ne donnerons ici que celles qui sont relatives au KCl.

III. Nous avons d'abord déterminé l'influence de la température comparativement sur une souche témoin et sur une souche de même origine, mais cultivée depuis 3 ans, toutes choses égales d'ailleurs, en présence d'une forte dose de KCl (30^g à 34^g par litre).

Ces deux souches, ensemencées sur milieu à KCl (30 pour 1000), développent aux différentes températures les acidités suivantes, en 48 heures pour la souche témoin, en 24 heures pour la souche potassique ([2]).

Souche témoin.		Souche potassique.	
Température.	Acidité.	Température.	Acidité.
24°	0,4	24°,8	2
29	1,1	33	2,8
32,5	2,4	34,8	4,8
34,1	2,8	36,2	5,6
36,1	2,8	40	9,2
38	0	42,5	9,6
42,5	0	45	3,2

([1]) Cardot, Laugier et Legendre, *Comptes rendus*, t. **178**, 1924, p. 81.

([2]) Si nous dosons l'acidité de la souche témoin au bout de 48 heures, alors que nous dosons celle de la souche potassique au bout de 24 heures, c'est que, comme nous l'avons abondamment montré dans des communications antérieures, la souche qui a vécu sur un milieu riche en KCl s'est accoutumée au KCl. Les chiffres d'acidité que nous donnons représentent des centimètres cubes de KOH, au millième, pour 10$^{cm^3}$ du liquide de culture.

Il y a donc pour la souche accoutumée à KCl depuis 3 ans une élévation très notable de la température optimum qui est maintenant voisine de 42°. Au contraire, la souche témoin, en présence de la même dose de sel, ne montre pas un optimum essentiellement différent de celui qu'elle présente sur milieu normal non potassique, à savoir toujours au voisinage de 36°.

IV. — Les mêmes souches, ensemencées toutes deux sur milieu témoin,

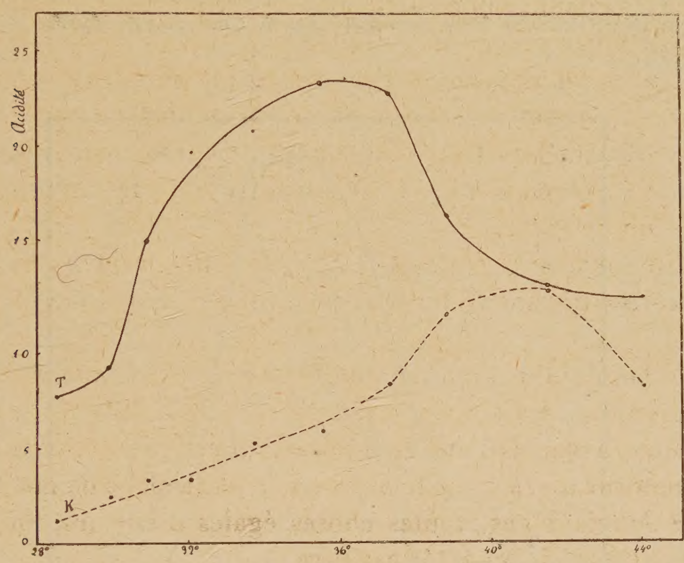


Fig. 1. — Acidité produite en fonction de la température par un ferment témoin (T) et par un ferment accoutumé à KCl (K) sur milieu témoin peptoné et lactosé.

conservent l'une et l'autre leur optimum respectif, c'est-à-dire 34°-36° pour la souche témoin, 40°-41° pour la souche potassique.

17h de fermentation aux températures de :	Acidité (*fig.* 1).		Opacité.	
	Souche témoin.	Souche potassique.	Souche témoin.	Souche potassique.
28°,5	7,8	1,2	10	3,9
29,9	9,3	2,5	16,4	4,2
30,9	16,2	3,4	20,4	4,8
32,0	20,8	3,4	24,3	6
33,7	21,8	5,3	25,6	6,8
35,5	24,6	5,9	22,6	7,2
37,3	24,0	8,4	22,1	7,3
38,8	17,4	12,1	17,2	8,3
41,5	13,7	13,4	11,3	8,2
44,0	13,1	8,2	8,4	6,6

Il y a là un fait bien imprévu sur lequel nous appelons l'attention des biologistes : le ferment accoutumé au KCl possède un optimum thermique qui est de 5° à 6° plus haut que celui du ferment non accoutumé.

Ainsi la culture prolongée, en présence d'une forte dose de KCl, *en même temps qu'elle développe l'accoutumance au toxique, modifie profondément l'optimum thermique.*

V. Ce déplacement de l'optimum thermique sous l'influence du chlorure de potassium peut encore être constaté *après une courte durée de culture sur le milieu toxique.*

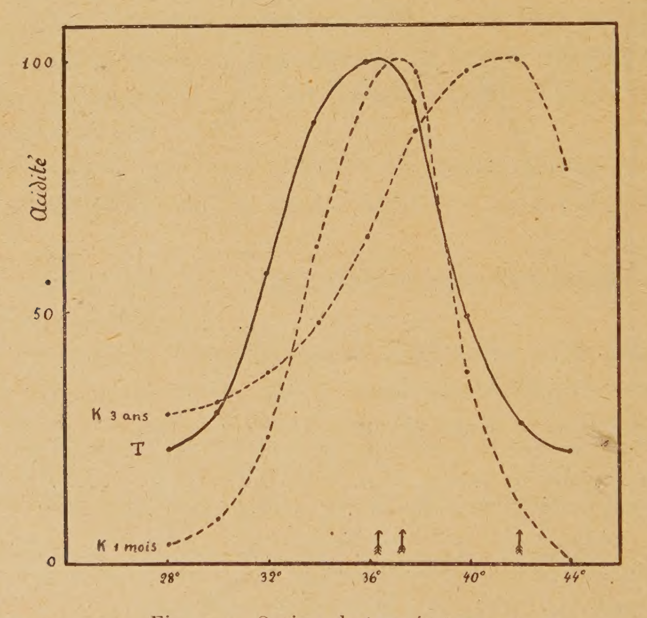


Fig. 2. — Optima de température :

1° Pour une souche témoin T; 2° Pour des souches accoutumées à KCl depuis 1 mois ou depuis 3 ans.

Nous ne donnerons ici que les moyennes d'expériences (d'ailleurs très cohérentes). Nous pouvons ainsi comparer et faire rentrer dans un même calcul de moyennes des expériences où les croîts ont été fort dissemblables.

Sans entrer dans le détail, nous les résumons dans le tableau qui suit et dans les figures 2 et 3. Chacun des nombres du tableau représente la moyenne d'une dizaine d'expériences.

Température.	Souche témoin sur milieu témoin. Acidité.	Souche témoin sur milieu témoin. Opacité.	Souche potassique de 1 mois sur milieu témoin. Acidité.	Souche potassique de 3 ans sur milieu témoin. Acidité.
°				
28	22	36,5	3,5	30
30	30	48	9	31,5
32	58	78	25	38
34	85,5	89,5	62,5	48,5
36	99,5	98,5	92,5	64,5
38	91,5	91	97	85
40	50	54	38	98
42	28	30	11	99
44	22	12,5	0	77

Température.	Souche témoin sur K Cl à 30 pour 1000. Acidité.	Souche témoin sur K Cl à 30 pour 1000. Opacité.	Souche potassique de 1 mois sur K Cl à 30 pour 1000. Acidité.	Souche potassique de 1 mois sur K Cl à 30 pour 1000. Opacité.	Souche potassique de 3 ans sur K Cl à 30 pour 1000. Acidité.	Souche potassique de 3 ans sur K Cl à 30 pour 1000. Opacité.
°						
24	15	//	//	//	20	//
28	19	14	0	6,5	25	46,5
30	27	18,5	7	13,5	28	50,5
32	54	37	29	26,5	32,5	70,5
34	85,5	68	66	53	39,5	82
36	100	97	90	89,5	38	88,5
38	92,5	82	100	100	80	95
40	49	45,5	90,5	51	95	100
42	25,5	24,5	59	25,5	100	95
44	7,5	12	23	13	67,5	79

Ainsi les deux séries de mesures, acidimétriques et néphélémétriques nous conduisent aux mêmes conclusions :

1° *Une forte dose de chlorure de potassium n'a pas, au bout de quelques jours, d'effet appréciable sur l'activité d'un bacille lactique normal en fonction de la température;* l'optimum thermique d'abord reste sur le milieu potassique le même que sur milieu témoin. Il coïncide avec la température de l'étuve dans laquelle on cultive habituellement la souche.

2° *Lorsque l'action du toxique se prolonge, au cours des générations successives, il se produit une lente et graduelle modification des réactions du bacille vis-à-vis de la température.*

3° *La température optimum pour les cultures potassiques se fixe, après une*

culture prolongée en présence du toxique, à 6° au-dessus de la température à laquelle les souches sont cultivées.

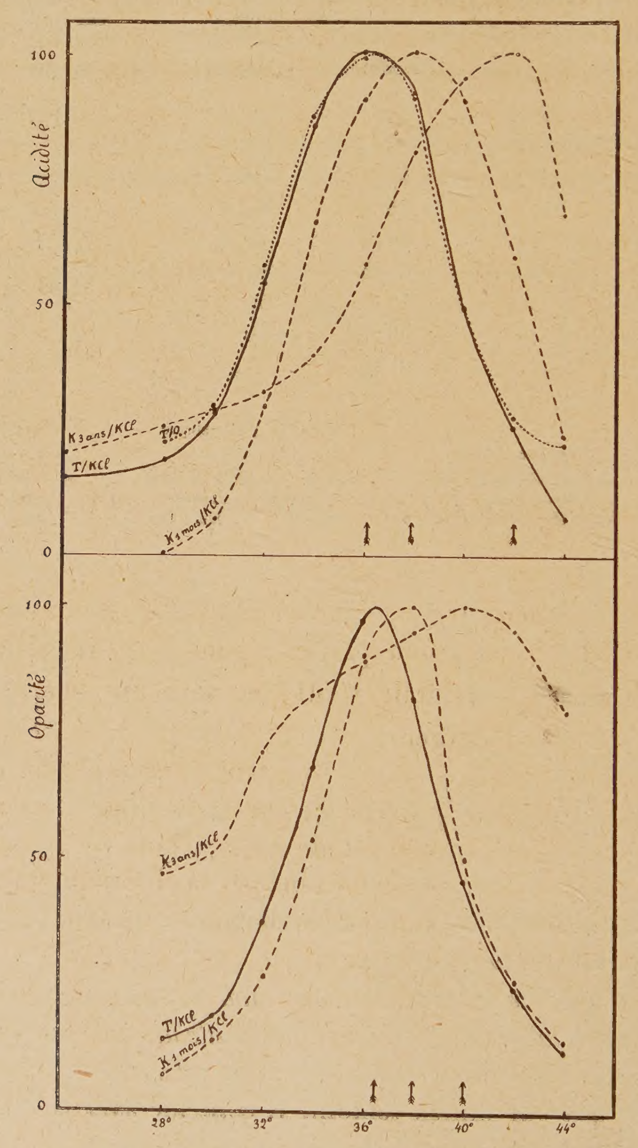


Fig. 3. — Optima de température de la souche témoin et des souches accoutumées depuis 1 mois ou 3 ans à KCl.

Une souche potassique ainsi modifiée, remise sur milieu témoin, y conserve son optimum thermique élevé. De même elle conserve sa résistance accrue vis-

à-vis du toxique. Il s'agit donc d'acquisitions héréditaires qui subsistent dans les générations successives, après suppression du facteur causal.

Ces faits nous indiquent une fois de plus l'extrême complexité des réactions de la cellule vivante. Ils montrent aussi — ce qui, peut-être, n'est pas sans importance pratique — la possibilité d'obtenir, à partir d'un même ferment figuré, des races caractérisées par des optima thermiques notablement différents.

HYDRAULIQUE. — *Sur les barrages déversoirs.* Note de MM. C. Camichel, L. Escande et M. Ricaud.

Cette Note a pour objet l'étude sur modèles réduits de quelques questions concernant les barrages déversoirs ([1]).

Les expériences décrites ont été faites à l'instigation de M. l'ingénieur en chef Godard, pour étudier l'effet de crues pouvant atteindre 3500^{m^3} par seconde, sur un barrage de 25^m de hauteur, qu'on va construire sur le Tarn. Ce barrage ABCD est suivi d'une cuvette DE terminée à l'aval par un redan EF (voir *fig.* 1).

Les deux modèles ayant servi aux expériences sont entre eux dans le rapport 6,18; le plus grand qui correspond à une réduction du barrage réel dans le rapport $\frac{1}{48,5}$ débitait 150 l/sec sous une charge de $20^{cm},5$ dans un canal de 80^{cm} de largeur.

Forme de la surface libre. — Limitant notre étude au plan de symétrie, nous avons comparé la forme des surfaces libres de l'eau dans les deux modèles et constaté leur similitude géométrique.

Vitesses. — Nous avons déterminé par la chronophotographie la répartition des vitesses V en fonction des distances au seuil d, le long de la verticale ab, sur le seuil du petit barrage; V′, d' désignent les quantités homologues du grand modèle ramenées aux dimensions du petit modèle; le tableau suivant montre la vérification de la loi de Rech-Froude :

d ou d' mm.	V cm : sec.	V′ cm : sec.
4,1	63,8	64,5
8,0	59,0	59,0
12,2	55,0	56,5
16,5	50,0	49,0
19,7	47,0	44,0

([1]) Voir L. Escande et M. Ricaud, *Comptes rendus*, t. 176, 1924, p. 1516.

Les modèles réduits employés ont permis d'étudier la dépense d'énergie qui se produit à l'aval du barrage et l'efficacité de la cuvette et du redan en vue de la protection des portions de la rivière située à l'aval.

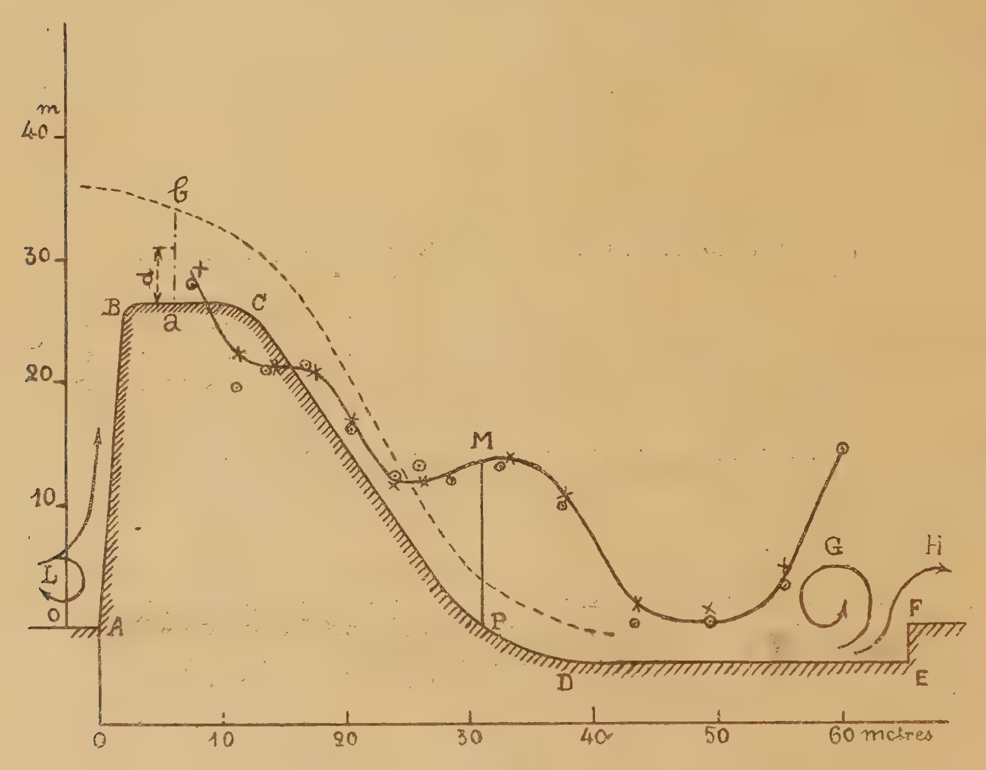


Fig. 1. — *Répartition des pressions à la surface d'un barrage.*

ABCDEF, profil du barrage; ×, petit modèle; ⊙, grand modèle. En chaque point P du barrage on porte une ordonnée PM représentant en mètres d'eau la pression correspondante. La ligne pointillée représente la surface libre de l'eau.

L'eau arrive dans la cuvette en P avec une vitesse de l'ordre de 25 m : sec dans le modèle réel; le régime change alors et devient turbulent. La vitesse de l'eau le long du fond diminue jusqu'au voisinage de E, où elle peut tomber à 10 m : sec. La loi de similitude s'applique encore à cette répartition des vitesses.

Au voisinage du redan EF, on observe un double mouvement de l'eau comprenant un mouvement giratoire dans le sens de la flèche G et un mouvement suivant H dans la direction générale de l'écoulement.

Répartition des pressions à la surface du barrage. — Nous avons vérifié la similitude de la répartition des pressions le long du barrage; la courbe

obtenue montre l'existence d'une dépression à la partie supérieure (C) du barrage et d'une surpression à la partie inférieure (P). Ces variations de pression, dues à la courbure des filets, peuvent se calculer en appliquant le théorème des quantités de mouvement.



Fig. 2. — *Répartition des pressions à la surface d'un barrage.*

Photographie montrant qu'au contact du parement amont les filets se séparent : une partie continue vers le haut pour participer à l'écoulement général, l'autre partie se dirige vers le fond et provoque un mouvement giratoire à axe horizontal.

En mettant la surface du barrage en communication avec l'atmosphère, une couche d'air se maintient entre le barrage et la veine liquide dans toute la région où règne la dépression et même jusqu'au voisinage du point P. Cette remarque peut être utilisée pour la protection des barrages.

Affouillements. — En étudiant la forme des filets liquides, nous avons constaté qu'il n'existe pas de zone d'eau morte à l'amont du barrage. Au contact du parement amont, les filets se séparent : une partie continue vers

le haut pour participer à l'écoulement général, l'autre partie se dirige vers le fond et provoque un mouvement giratoire à axe horizontal L (¹).

Ce tourbillon agit comme une véritable fraiseuse et creuse la partie la plus friable; son action est d'autant plus redoutable que sa vitesse de rotation est plus grande. Les mouvements peuvent d'ailleurs être très lents et ne point empêcher le dépôt des alluvions en amont du barrage, cas qui se rencontre très fréquemment. Cette remarque concernant le mécanisme des affouillements est générale et s'applique à n'importe quel obstacle; si celui-ci n'occupe qu'une partie de la largeur du canal, le mouvement de rotation de l'eau se compose avec le mouvement de translation le long de la surface de discontinuité et le creusement se continue le long de cette ligne. Nous l'avons constaté en plaçant dans un canal en verre des obstacles divers (graviers, bouts de fer) déposés sur un fond de sable.

Des phénomènes analogues se produisent au voisinage des piles de pont, et autour des rivets et des boulons, dans les directrices des turbines et les conduites forcées.

MYCOLOGIE. — *Classification normale, classement auxiliaire et groupement pratique des Champignons.* Note de M. **Paul Vuillemin.**

La classification normale qui trouve son point d'appui le plus solide dans l'appareil reproducteur n'est pas applicable aux nombreux Champignons où cet appareil est inconnu. Pour les déterminer on a recours à un classement auxiliaire basé sur les appareils de propagation asexuée.

La concordance des deux sortes d'appareils est remarquable chez les Phycomycètes, où les Oosporées sont Zoosporées, où les Zygosporées sont Cystosporées. La concordance est moins habituelle chez les Eumycètes où l'on trouve des appareils sporifères semblables chez des Basidiomycètes et des Ascomycètes, différents dans les espèces d'un même genre. Il est donc illégitime de conclure de la ressemblance des appareils propagateurs à l'affinité démontrée par les appareils reproducteurs.

Le classement auxiliaire des Eumycètes est indépendant de la classification normale basée sur la reproduction. Avec l'appareil propagateur on a établi des classes, ordres, familles, tribus, genres, espèces, dont la

(¹) La photographie a été faite en employant un déversoir à mince paroi; mais le phénomène reste le même que dans le barrage à seuil épais.

concordance avec les catégories de la classification normale est trop souvent admise d'après des présomptions suggérées par des analogies trompeuses ou des hypothèses hasardeuses.

Les organes de propagation des Eumycètes sont les conidies, les hémispores, les thallospores, sur lesquelles sont fondées trois classes, Conidiosporées, Hémisporées, Thallosporées. Cette dernière est divisée en deux ordres, Blastosporées et Arthrosporées, selon que les thallospores sont des globules bourgeonnants (blastospores) ou des articles ayant d'abord fait partie du mycélium (arthrospores). Les Arthrosporées réunissent les espèces où l'on ne connaît pas d'autre organe de propagation que les arthrospores.

Je m'arrêterai à cet ordre dont la connaissance importe à la pratique non moins qu'à la science.

Les filaments myćeliens des Arthrosporées sont, tantôt des hyphes typiques, tantôt des microsiphons. D'après ce caractère, l'ordre se divise en deux familles : Mycodermacées, Nocardiacées. Bornons-nous à la première.

Le mycélium des Mycodermacées est le plus souvent hyalin et de tons clairs comme celui de la plupart des moisissures; c'est l'aspect mucédinien; il est parfois opaque et sombre (aspect dématien).

Les arthrospores sont variées. Dans certains cas, les articles gardent, après leur isolement, les parois perméables et l'activité végétative du mycélium; ou bien leur organisation en chlamydospores par l'épaississement de la membrane et l'accumulation de réserves reste un accident lié à une gêne de la végétation; les chlamydospores apparaissent sans ordre défini.

Des chlamydospores accidentelles j'ai distingué les aleuries, dont la position, la couleur, la forme, la structure, les dimensions, atteignent dans quelques espèces le même degré de constance que celui des conidies. Leur support prend même parfois les caractères d'un sporophore simple ou compliqué.

Les aleuries se distinguent des conidies parce que, de même que les autres arthrospores, elles ont d'abord fait partie du mycélium et que, malgré toute la différenciation atteinte au cours du développement, elles ne se détachent pas par une déhiscence naturelle comme celle qui prépare dès leur naissance la chute des conidies. Elles sont libérées par rupture ou affaissement du support auquel elles survivent; alors la surface du mycélium épuisé est saupoudrée comme d'une efflorescence farineuse (ἄλευρον, farine).

La famille des Mycodermacées est divisée en deux tribus, Mycodermées,

Aleurismées. La première qui n'a que des arthrospores de même structure que les hyphes ou des chlamydospores banales a pour type le genre *Mycoderma* Desmazières; la seconde, pourvue d'aleuries, a pour type le genre *Aleurisma* Link 1809.

Chaque tribu renferme des genres définis depuis longtemps. Nous donnons une clef dichotomique permettant de les distinguer.

1° *Tribu des Mycodermées.*

I. Aspect mucédinien .... *Mycoderma* Desmazières.
II. Aspect dématien :
  a. Chlamydospores sombres .... *Torula* Persoon.
  b. Arthrospores hyalines sortant en files d'articles dématiens .... *Chalara* Corda

2° *Tribu des Aleurismées.*

I. Aspect mucédinien. Aleuries entières ou septées :
  a. Entières : α. Pas de sporophores......... *Aleurisma* Link.
  » β. Sporophores compliqués ... *Corethropsis* Corda.
  b. Septées .... *Fusoma* Corda.
II. Aspect dématien. Aleuries extérieurement indivises :
  a. Contenu entier. Surface lisse. Sporophore inconstant .... *Glenospora* Berkeley et Curtis.
  b. Contenu contracté en une masse unique ou fractionnée. Membrane grenue. Pas de sporophore .... *Bargellinia* Borzi.

Les noms de genres créés depuis pour divers parasites de l'homme sont synonymes des précédents. En voici des exemples :

Mycoderma. — Syn. : *Lepidophyton* Gedoelst, *Endodermophyton* Castellani, *Coccidioides* Rixford et Gilchrist, *Posadasia* Canton, *Arthrosporia* Grigoraki.

Torula. — Syn. : *Foxia* Castellani.

Aleurisma. — Syn. : *Aleurophora* de Magalhaes, *Aleurosporia* Grigoraki.

Fusoma. — Syn. : *Epidermophyton* Lang, *Fusariopsis* Horta, *Closterosporia* Grigoraki et *Closteroaleurosporia* Grigoraki.

La détermination des genres et même des tribus exige de longues cultures. Le diagnostic n'admet pas de délai. On peut, sinon le préciser, du moins le circonscrire en groupant les parasites de la famille des Mycodermacées d'après les caractères des hyphes, qui sont les agents directs des mycoses et leurs rapports avec les tissus. Sur cette base les praticiens ont depuis longtemps séparé, pour le plus grand profit des malades, des Eumycodermacées, dont le mycélium est dispersé dans l'organisme de l'hôte, les Trichophytées

et les Madurellées. Les genres pathogéniques *Achorion*, *Trichophyton*, *Microsporon*, *Trichosporon* parmi les Trichophytées, *Madurella* dans les Madurellées, définis à l'usage des médecins, ne sont pas de la compétence des botanistes.

La distinction du point de vue médical et du point de vue botanique suffit à dissiper le malentendu qui livre la nomenclature aux bouleversements les plus stériles, en supprimant les genres créés pour la commodité des praticiens pour en répartir les débris sous de nouveaux noms dans les cadres de la classification botanique.

Matruchot avait fait de vains efforts pour rattacher les Trichophytées aux Gymnoascées. Dans les milieux ensemencés avec une teigne du Chien avec M. Dassonville, il obtint des périthèces d'une Gymnoascée qui fut nommée *Eidamella spinosa*. Je ne lui trouve pas de différence avec le *Gymnoascus setosus*. Bien qu'il y ait toute vraisemblance que la semence provienne de la peau du Chien, il n'est pas prouvé qu'elle appartienne au parasite.

Un soupçon de périthèces conduisit MM. Ota et Langeron à créer un genre *Ateleothylax* qu'il plaît à M. Grigoraki de rebaptiser du nom de *Matruchotiella*, en ajoutant un genre *Spiralia* fondé sur des filaments enroulés, considérés complaisamment comme des vestiges de fructification. M. Grigoraki n'abandonne aux Arthrosporées que le genre *Arthrosporia*, synonyme de *Mycoderma*. Les autres Dermatophytes forment le groupe des Atélogymnoascées.

MM. Ota et Langeron bannissent les Trichophytées. S'ils gardent un genre *Trichophyton*, c'est en changeant la diagnose. Ils admettent bien la distinction entre les aleuries et les conidies. Toutefois ils estiment que les aleuries ont une parenté plus proche avec les conidies qu'avec les arthrospores banales. En conséquence ils établissent dans la famille des Conidiosporés une sous-famille des Clostérosporées qui recueille la plupart des ci-devant Trichophytées. Les Clostérosporées font double emploi avec les Mycodermacées; on y range le genre *Endodermophyton*, synonyme de *Mycoderma* et de nombreuses Aleurismées depuis longtemps nommées. Je ne m'arrêterai pas aux nouveaux genres *Sabouraudites* (avec ses sous-genres *Aleurocloster*, *Closteramma*, *Aleuramma*), *Bodinia*, *Grubyella*. Je me range pleinement à l'appréciation de M. Sabouraud. Ces nouveaux genres perdent l'utilité pratique des genres médicaux sans être moins artificiels puisqu'ils reposent sur des caractères observés dans un milieu choisi arbitrairement, M. Sabouraud le sait mieux que personne, puisqu'il s'agit de son propre

milieu d'épreuve qui rend tant de services aux médecins sans être le milieu le plus favorable à l'épanouissement complet des caractères botaniques.

Il est nécessaire de séparer les groupements pratiques de la classification botanique. Les anciennes nomenclatures suffisent encore à nos besoins. L'introduction de néologismes est rarement justifiée.

M. Ch. Lallemand fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée *Discursos leidos en la solemne inauguracion de la segunda Asamblea general de la Unión geodésica y géofisica internacional el dia 1° de Octubre de 1924*.

Parmi ces trois discours, en langue espagnole, figure celui qu'il a lui-même prononcé, comme Président de la Conférence, et où se trouvent rappelés les éminents services rendus, dans le passé, par l'Espagne à la connaissance de la figure de la Terre, tant par les grands voyages de circumnavigation de Christophe Colomb et de Sebastian Elcano que par la jonction des réseaux européen et africain de triangulation géodésique, à travers la Méditerranée, au voisinage du détroit de Gibraltar, effectuée par elle en collaboration avec la France.

M. A. Haller fait hommage à l'Académie d'une *Notice biographique sur A. de Gramont*.

PLIS CACHETÉS.

Mme Vve Pierrel demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 24 mars 1924 et enregistré sous le n° 9346.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une brochure imprimée.

CORRESPONDANCE.

M. G. W. Ritchey adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

M. B. Jekhowsky adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur le *Fonds Loutreuil* en 1924.

M. **Pierre Teilhard de Chardin** adresse un *Rapport sur une mission paléontologique et géologique en Mongolie en* 1923-1924, exécutée grâce à deux subventions accordées sur le *Fonds Loutreuil* en 1923 et 1924.

M. **J. Tilho** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par le décès de M. *É. Bertin*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Henri Marcelet. *Les huiles d'animaux marins.* (Présenté par M. A. Haller.)

2° *Sahara occidental et central*, carte au $\frac{1}{4000000}$ dressée par A. Meunier.

3° *Arnaud de Gramont* (1861-1923), par Ch. Fabry.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Invariants de Gauss, Beltrami et Minding.* Note [1] de M. **Bertrand Gambier**, présentée par M. G. Kœnigs.

1. Żorawski [2] obtient, par intégration de systèmes complets, le nombre d'invariants distincts de chaque ordre, attachés à un ds^2 donné,

$$E\,du^2 + 2F\,du\,dv + G\,dv^2.$$

L'*Encyclopédie allemande des Sciences mathématiques* (Band 3_3, p. 393) reproduit la classification de Zorawski.

2. Les *invariants de Gauss* ne contiennent que E, F, G et leurs dérivées ; E, F, G faisant déjà intervenir les éléments différentiels du premier ordre de toute surface image du ds^2, il est naturel de nommer ordre d'un tel invariant l'entier supérieur d'une unité à l'ordre maximum des dérivées de E, F, G figurant effectivement. Les *invariants de Beltrami ou Minding*, outre les éléments déjà cités, contiennent encore, pour Beltrami, des fonctions *arbitraires* φ_1, $\varphi_2(u, v)$, ... et leurs dérivées, ou, pour Minding, les

(1) Séance du 29 décembre 1924.

(2) *Acta mathematica*, t. 16, 1892, p. 1-64.

dérivées $v', v'', \ldots$ de v considérée comme fonction indéterminée de u; l'ordre d'un tel invariant est le *plus grand* des deux entiers, dont l'un est l'ordre maximum des dérivées de $\varphi_1, \varphi_2, \ldots$ (Beltrami) ou $v', v'', \ldots$ (Minding), et l'autre, l'entier supérieur d'une unité à l'ordre maximum des dérivées de E, F, G. L'*invariant général* se réduit à une combinaison des trois types précédents.

3. Au lieu d'intégrer des systèmes complets, on doit obtenir, plus aisément, par des différentiations, tous les invariants. Beltrami a défini les operateurs Δ_1, Δ_2 relatifs aux paramètres différentiels du premier ou second ordre et montré que leur emploi répété permet, à partir d'un nombre restreint d'invariants de l'ordre minimum, d'obtenir tous les autres. L'exposé de Darboux(¹) suffit, non seulement pour le dénombrement (auquel s'est borné Żorawski), mais encore pour l'obtention des invariants. Gauss donne comme ordre minimum 3 : un seul invariant d'ordre 3, un seul d'ordre 4, puis, pour $n \geqq 5$, $n-2$ d'ordre n. L'invariant I d'ordre 3 est, comme on sait, *la courbure totale ;* tous les autres s'en déduisent par les opérateurs Δ_1, Δ_2. Nous devons remarquer toutefois que les dérivées d'ordre 2 de E, F, G ne figurent dans I que par le groupe $\frac{\partial^2 F}{\partial u \partial v} - \frac{1}{2}\frac{\partial^2 E}{\partial v^2} - \frac{1}{2}\frac{\partial^2 G}{\partial u^2}$, mais que si x, y, z sont les coordonnées du point courant d'une surface image, les dérivées d'ordre 3 de x, y, z ne figurent qu'en apparence dans ce groupe ; la définition de l'ordre des invariants de Gauss conduit donc, si l'on songe à x, y, z, à un nombre trop fort d'une unité ; mais, pour la généralité, nous devons conserver cette définition.

Pour les invariants de Beltrami, si m est le nombre des fonctions φ_1, $\varphi_2, \ldots, \varphi_m$, on trouve m invariants distincts d'ordre 1, $6m$ d'ordre 4, puis pour $n \neq 1$ et $n \neq 4$, $(n+1)m$ distincts d'ordre n.

4. Minding fournit un résultat, au premier abord, surprenant. A partir de l'ordre minimum 2, on a, quel que soit $n \neq 4$, un seul invariant, mais pour $n = 4$, deux invariants. La courbure géodésique ρ, puis $\frac{d\rho}{ds}$, $\frac{d^2\rho}{ds^2}, \ldots$ sont évidemment des invariants d'ordre 2, 3, 4, ... Suivant la remarque de M. Cartan, un invariant de Minding d'ordre 4 peut ne contenir que v', mais non v'', v''', ni v^{IV}. Les courbes γ les plus simples définies *individuellement* et *intrinsèquement* sur les surfaces images du ds^2 sont celles que l'on obtient en égalant à une constante arbitraire l'invariant de Gauss

(¹) *Théorie générale des surfaces*, t. 3, p. 193-206.

le plus simple : courbes de courbure totale constante; en chaque point d'une courbe indéterminée, l'angle V de cette courbe avec la courbe γ qui y passe est un invariant d'ordre 4. L'expression de ρ montre que φ'' peut s'exprimer en fonction de E, F, G, de leurs dérivées, de φ' et ρ; φ''' au moyen des mêmes quantités plus $\frac{d\rho}{ds}$, et ainsi de suite; φ' s'exprime en fonction de E, F, G, leurs dérivées et V; donc tout invariant de Minding peut bien s'exprimer finalement en fonction de E, F, G, leurs dérivées, et de V, ρ, $\frac{d\rho}{ds}$, $\frac{d^2\rho}{ds^2}$.... Le même raisonnement permettrait de ne conserver, dans l'expression d'un invariant de Minding, que E, F, G, leurs dérivées et V, $\frac{dV}{ds}$, $\frac{d^2V}{ds^2}$, ...; mais alors on doit citer à part ρ, $\frac{d\rho}{ds}$, $\frac{d^2\rho}{ds^2}$ pour lesquels ce calcul semblèrait fixer un ordre trop élevé.

5. Cette étude met en évidence quelques formules élégantes et inédites. J'appellerai $m = \frac{\cos\theta}{R}$ ou *courbure de Meusnier* l'expression classique, qui, on le sait, ne dépend, sur une surface image, que de l'orientation (du, dv) de la tangente; le déplacement orthogonal δu, δv $[\delta u = F du + G dv$, $\delta v = -(E du + F dv)]$ définit une nouvelle courbure m_1 de Meusnier ne dépendant finalement aussi que de (du, dv). La *torsion géodésique*

$$t = \frac{1}{T} - \frac{d\theta}{ds}$$

ne dépend aussi que de (du, dv) et le déplacement orthogonal remplace t par $-t$; on trouve aisément la relation

$$mm_1 - t^2 = I,$$

de sorte que les éléments non invariants m, m_1, t permettent de retrouver l'invariant I; cette relation est susceptible d'interprétations nombreuses pour l'indicatrice de Dupin, les lignes de courbure, les lignes asymptotiques.

Si maintenant on appelle ω, ω' les angles comptés dans le plan tangent depuis l'une des directions asymptotiques jusqu'à la tangente (du, dv), on a

$$t + m\cot\omega = \sqrt{-I}, \qquad t + m\cot\omega' = -\sqrt{-I},$$
$$t + m_1 \operatorname{tang}\omega = -\sqrt{-I}, \qquad t + m_1 \operatorname{tang}\omega' = \sqrt{-I}.$$

En particulier, sur une surface réglée, on peut prendre pour ω l'angle de la courbe étudiée et de la génératrice; si la surface se déforme en restant réglée, ω ne varie pas, non plus que l'expression $\frac{1}{T} - \frac{d\theta}{ds} + \cot\omega \frac{\cos\theta}{R}$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *La définition axiomatique de l'intégrale.* Note de M. A. **Kolmogoroff**, présentée par M. Émile Borel.

Une classe de fonctions définies presque partout sur l'axe réel est dite *classe* K si la condition suivante est vérifiée :

Condition K. — Si $f(x)$ est une fonction de classe K et $\varphi(x)$ est une fonction monotone, croissante de $-\infty$ à $+\infty$, avec le rapport

$$\frac{\varphi(x_2)-\varphi(x_1)}{x_2-x_1},$$

borné, alors la fonction $f[\varphi(x)]\,\varphi'(x)$ est aussi une fonction de classe K. La dernière fonction est nulle si $\varphi'(x)=0$, même quand $f[\varphi(x)]$ n'est pas définie.

La classe K est intégrable — X si l'on peut définir dans cette classe une fonctionnelle (intégrale — X)

$$\int_0^x f(\alpha)\,d\alpha,$$

avec les propriétés suivantes :

Propriétés de l'intégrale. — 1° $\int_0^0 f(\alpha)\,d\alpha=0$;

2° $\int_0^x f(\alpha)\,d\alpha$ est une fonction continue par rapport à x;

3° Sa dérivée — X par rapport à x est égale presque partout à $f(x)$;

4° $\int_0^{\varphi(x)} f(\alpha)\,d\alpha=\int_0^x f[\varphi(\alpha)]\,\varphi'(\alpha)\,d\alpha$, la fonction $\varphi(\alpha)$ vérifiant la condition donnée plus haut.

Nous supposons que la dérivée — X est une fonctionnelle avec les propriétés suivantes :

Propriétés de la dérivée. — 1° $[F_1(x)-F_2(x)]'=F'_1(x)-F'_2(x)$;

2° L'ensemble des valeurs de $f(x)$, pour les points où $f'(x)=0$, est de mesure nulle.

Théorème I. — *A une fonction* $f(x)$ *et un procédé de la dérivation* X, *même dans des classes intégrables* K_1 *et* K_2 *différentes, on ne peut faire correspondre qu'une fonction unique :*

$$F(x)=\int_0^x f(\alpha)\,d\alpha.$$

Thème de la démonstration :

Supposons le contraire : dans les classes intégrables K_1 et K_2 il existe deux fonctions $F_1(x)$ et $F_2(x)$ différentes. La dérivée — X de

$$\Phi(x) = F_1(x) - F_2(x)$$

est presque partout nulle. Supposons $\Phi(x_0) > 0$, $x_0 > 0$ (les autres cas sont analogues). Posons

$$\begin{aligned} \psi(x) &= x + \max_{\alpha=0}^{\alpha=x}[\Phi(\alpha)] \quad \text{si} \quad x > 0; \\ \psi(x) &= x, \quad \text{si} \quad x \leqq 0; \end{aligned}$$

$\varphi(x)$ fonction inverse $(\varphi[\psi(x)] = x)$, vérifie la condition donnée du commencement. La fonction

$$\Phi[\varphi(x)] = F_1[\varphi(x)] - F_2[\varphi(x)]$$

a la dérivée non nulle sur un ensemble de mesure positive, ce qui est impossible.

THÉORÈME II. — *Pour un procédé de dérivation-X il existe une classe K^m intégrable X qui contient toutes les autres.*

THÉORÈME III. — *Pour la dérivation asymptotique la classe K^m intégrable coïncide avec la classe de toutes les fonctions totalisables de M. Denjoy.*

Remarque. — Nous ne donnons pas dans cette Note une définition axiomatique complète de la dérivation. Il en résulte la possibilité, qu'à des procédés de dérivation différents peuvent correspondre des intégrales différentes.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les sous-classes de la classification de M. Baire.* Note de M. M. LAVRENTIEFF, présentée par M. Émile Borel.

Je me propose ici d'obtenir une décomposition de chaque classe des ensembles mesurables B en aleph-un sous-classes non vides. C'est M. N. Lusin qui m'a guidé dans mes recherches et c'est à lui tout d'abord que je dois l'idée ci-dessous des résultats, ainsi que les définitions fondamentales.

1. *Principes de la classification des ensembles.* — Prenons, pour l'espace fondamental, l'ensemble de tous ces points irrationnels compris entre 0 et 1. L'ensemble des points irrationnels qui appartient à un intervalle (a, b) à extrémités rationnelles est dit *portion*.

Une suite d'ensembles E_1, $E_2, \ldots, E_n, \ldots$ est dite *convergente* lorsque

ses ensembles-limites (complet et restreint) sont identiques; nous appelons *ensemble-limite* cet ensemble-limite commun E et écrivons $E = \lim_{n \to \infty} E_n$.

Aux différents nombres ordinaux des classes I et II nous ferons correspondre des classes d'ensembles au moyen de la définition suivante :

1° Un ensemble formé par la réunion d'une infinité dénombrable de portions dont le complément est de même nature appartient à la classe o.

2° Un ensemble appartient à la classe α ($\alpha > 0$) s'il est la limite d'une suite d'ensemble appartenant à des classes marquées par des nombres inférieurs à α, et s'il ne fait pas partie de l'une de ces classes.

Nous dirons qu'un ensemble est *atteint supérieurement* (*inférieurement*) s'il est la partie commune (somme) à une infinité dénombrable d'ensembles de classes $< \alpha$; dans le cas contraire un ensemble est dit *non atteint*. Il y a, dans toute classe de la classification, des ensembles atteints supérieurement et inférieurement, et des ensembles non atteints.

Nous allons considérer les ensembles de classe α atteints supérieurement comme des formations les plus primitives de cette classe et étudier à ce point de vue la structure des ensembles non atteints. La raison pour ce point de vue est l'analogie profonde qu'il y a entre les points et les ensembles atteints supérieurement. A cause de cette analogie nous appelons *éléments* α les ensembles atteints supérieurement.

2. *Séparabilité.* — Nous dirons que deux ensembles de classe α, E_1 et E_2, n'ayant pas de points communs, sont *séparables*, s'il existe deux ensembles, $\overline{E}_1$ et $\overline{E}_2$, de classes $< \alpha$, n'ayant pas de points communs et contenant respectivement E_1 et E_2. Nous avons le

Théorème I. — *Deux éléments* $\alpha + 1$ *quelconques sans points communs sont séparables.*

De ce théorème nous déduisons un lemme qui joue dans la théorie considérée un rôle essentiel.

Lemme. — *Pour que la somme d'une infinité dénombrable d'éléments* $\alpha + 1$, $e_1, e_2, \ldots, e_n, \ldots$, *deux à deux sans points communs, soit un ensemble de classe* $\leq \alpha + 1$, *il faut et il suffit qu'il existe une infinité dénombrable d'ensembles* $\overline{e}_1, \overline{e}_2, \ldots, \overline{e}_n, \ldots$ *de classe* $< \alpha + 1$ *et tels que :* 1° $\overline{e}_n > e_n$; 2° *l'ensemble limite des* $\overline{e}_n$ *est vide.*

3. *Les ensembles clairsemés.* — Soit $M = \{e_t\}$ un ensemble de points α deux à deux sans points communs; nous appelons *isolé* un élément $\alpha\, e_{t_0}$, s'il existe un ensemble $\overline{e}_{t_0}$ de classe $< \alpha$ tel que : 1° $\overline{e}_{t_0} > e_{t_0}$ et 2° $\overline{e}_{t_0} \equiv 0$, $t \neq t_0$.

En utilisant l'idée d'analogie entre les éléments α et les points on obtient naturellement la notion d'ensemble clairsemé d'éléments α; nous appelons ensemble clairsemé d'éléments α l'ensemble $M = \{e_t\}$ d'éléments α, deux à deux sans points communs et tel qu'il existe dans tout sous-ensemble de M un élément α isolé.

Soit $M = \{e_t\}$ un ensemble clairsemé d'éléments α. D'après un raisonnement connu de M. Zermelo, on peut toujours ranger les éléments $\alpha\, e_t$ de l'ensemble M dans une suite transfinie telle que chacun de ses éléments $\alpha\, e_t$ est isolé dans l'ensemble d'éléments α qui le suivent dans la suite considérée. Si l'ensemble M est dénombrable, le principe du choix arbitraire devient inutile.

Soit

$$M = \{e_n\} \qquad (n = 1, 2, 3, \ldots)$$

un ensemble clairsemé d'éléments αe_n. Nous pouvons donc ranger ces éléments dans une suite transfinie

$$e_0^*, \quad e_1^*, \quad \ldots, \quad e_\omega^*, \quad \ldots, \quad e_\beta^*, \quad \ldots \qquad |\gamma < \Omega|$$

telle que, quel que soit $\beta < \gamma$, l'élément e_β^* est isolé dans l'ensemble $M = \{e_{\beta'}\}$, $\beta' > \beta$. Nous appellerons le nombre γ le *type de l'ensemble clairsemé* M.

Nous avons pour les ensembles clairsemés les théorèmes fondamentaux suivants :

Théorème fondamental. — *La somme d'une infinité dénombrable d'éléments α qui forment un ensemble clairsemé est un ensemble de classe α.*

Théorème inverse. — *Tout ensemble de classe α est la somme d'une infinité dénombrable d'éléments α qui forment un ensemble clairsemé et d'un ensemble atteint inférieurement.*

4. *Les sous-classes.* — D'après ce qui précède nous pouvons décomposer formellement toute classe transfinie α d'ensembles mesurables β en aleph-un sous-classes au moyen de la définition suivante : 1° un ensemble de classe α appartient à la sous-classe o s'il est atteint supérieurement ou inférieurement; 2° un ensemble de classe α appartient à la sous-classe $\beta > 0$, s'il n'appartient à aucune sous-classe $\beta' < \beta$; mais s'il est la somme d'une infinité dénombrable d'éléments α, formant un ensemble clairsemé du type $\omega\beta$ et d'un ensemble atteint inférieurement.

On peut démontrer ceci :

Théorème II. — *Quels que soient les nombres $\alpha < \Omega$ et $\beta < \Omega$, il existe toujours un ensemble* E *de classe α et de sous-classe β.*

En appliquant un théorème sur les ensembles homéomorphes ([1]), on obtient facilement le résultat suivant

Théorème III. — *Tout ensemble homéomorphe à un ensemble de classe $\alpha > 2$ et de sous-classe β appartient à la même classe et à la même sous-classe.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la dérivée-limite d'une fonction analytique.* Note de M. V. **Weniaminoff**, présentée par M. Émile Borel.

Soit $w = f(z)$ une fonction analytique, uniforme à l'intérieur du cercle $|z| \leq 1$.

Définition. — *Nous dirons que la fonction $f(z)$ a une dérivée-limite $\varphi(z_0)$ en un point z_0, $|z_0| = 1$, s'il existe une limite $\varphi(z_0) = \lim_{z \to z_0} f'(z)$ lorsque z tend vers z_0 le long d'un chemin quelconque situé à l'intérieur du cercle $|z| \leq 1$ et non tangent à la circonférence.*

La question qui se pose maintenant est la suivante : *Quelle est la condition nécessaire et suffisante pour l'existence d'une dérivée-limite sur un ensemble* E, Mes. $E > O$ $[E = \{z\}, |z| = 1]$.

Le but de cette Note est de résoudre le problème posé. Avant d'aborder cette question, nous avons besoin d'une définition préliminaire.

Soient $z = \psi(w)$ la fonction inverse pour la fonction $f(z)$ et R la surface de Riemann correspondant à $\psi(w)$.

Définition. — *Nous dirons que la surface de Riemann* R *a une enveloppe* $\mathfrak{L}$, *s'il existe une courbe rectifiable* $\mathfrak{L}$, *intérieure à la surface* R *et dont l'ensemble des points appartenant à la fois à* $\mathfrak{L}$ *et à la frontière de la surface est de mesure positive.*

Théorème. — *La condition cherchée consiste en ce que* R *ait des enveloppes* $\mathfrak{L}$.

Voici les considérations qui ont conduit à ce résultat.

La condition est nécessaire. — Supposons qu'il existe une dérivée-limite en tout point de l'ensemble E; dans ces conditions, on peut démontrer en employant la méthode de M. Privaloff ([2]), qu'il existe à l'intérieur du cercle $|z| \leq 1$ une ligne rectifiable C dont l'ensemble des points communs à C et à $|z| = 1$ est de mesure positive, le long de laquelle les valeurs de la dérivée ordinaire et de la dérivée-limite forment une fonction continue.

En appliquant ensuite à $f(z) = U(x, y) + iV(x, y)$ le théorème

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 187.

([2]) *Intégrale de Cauchy* (Thèse russe), 1919, p. 39.

de Lagrange, on démontre sans peine qu'il existe une dérivée ordinaire

$$f'(z) = \lim_{z_0+\Delta z \to z_0} \frac{f(z_0+\Delta z)-f(z_0)}{\Delta z} \qquad (z_0+\Delta z \text{ et } z_0 \text{ étant sur C})$$

en tout point z_0 de C et que cette dérivée est égale à la dérivée-limite $\varphi(z_0)$ si $|z_0| = 1$.

Ces préliminaires établis, considérons $\int |f'(z)|\,|dz|$.

Remarquons d'abord que sa valeur est $< +\infty$.

Soit $\mathfrak{L}$ la courbe définie par l'équation $w = f(z)$ (lorsque z décrit C). Il est évident que $\mathfrak{L}$ appartienne à la surface R (la frontière comprise) et que sa longueur est $< +\infty$. Il nous reste à démontrer que l'ensemble des points appartenant à la fois à $\mathfrak{L}$ et à la frontière de R est de mesure positive. Or la mesure de ce dernier ensemble est égale à $\int_{E_1} |f'(z)|\,|dz|$ (E_1 est l'ensemble des points de C, $E_1 \subset E$; Mes. $E_1 > 0$) et la valeur de cette intégrale diffère sûrement de zéro parce que nous pouvons toujours supposer que $f'(z)$ n'est pas nulle sur l'ensemble E_1 (¹).

Donc, la courbe $\mathfrak{L}$ est une enveloppe pour R.

La condition est suffisante. — Dans tout ce qui suit, nous supposons que la fonction $f(z)$ réalise une représentation conforme du domaine simple, simplement connexe R sur l'intérieur du cercle $|z| \leq 1$ (ce qui ne diminue pas la généralité du problème).

Soient $\mathfrak{L}$ une enveloppe pour R, $\mathcal{E}$ un ensemble de points appartenant à la fois à $\mathfrak{L}$ et à la frontière de R, Mes. $\mathcal{E} > 0$, et soient J et E les transformés de $\mathfrak{L}$ et $\mathcal{E}$ par la fonction $w = f(z)$.

On démontre sans peine que Mes. $E > 0$.

On ne sait pas si la courbe J est une courbe rectifiable, mais on peut démontrer qu'elle a une tangente déterminée presque en chaque point de l'ensemble E.

Soit $z = x(\xi)$ une fonction réalisant une représentation conforme du domaine limité par J sur le cercle $|\xi| \leq 1$. On démontre que cette fonction a une dérivée ordinaire presque en chaque point de $|\xi| = 1$. Alors, d'après les recherches connues de M. Fatou, il existe une dérivée-limite de $x(\xi)$ presque en chaque point de $|\xi| = 1$ et cette dérivée est égale à la dérivée ordinaire en ce point.

Ces préliminaires étant terminés, considérons la fonction $f[x(\xi)]$. Il est

---

(¹) Privaloff, *Intégrale de Cauchy* (Thèse russe), 1919, p. 40-41.

évident que cette fonction réalise la représentation conforme du domaine limité par la courbe rectifiable L sur le cercle $|\xi| \leqq 1$. On sait qu'il existe dans ce cas une dérivée-limite de $f[x(\xi)]$ presque en chaque point de $|\xi| = 1$ et cette dérivée peut être représentée sous la forme

$$\frac{df[x(\xi)]}{d\xi} = \frac{df[z]}{dz} \cdot \frac{dx(\xi)}{d\xi}.$$

La partie gauche et le second facteur de la partie droite ont des valeurs déterminées différentes de zéro presque en chaque point de $|\xi| = 1$. Il en résulte que $\frac{df(z)}{dt}$ a une valeur déterminée presque en chaque point de l'ensemble E. Or, cette dérivée est la dérivée-limite cherchée.

C. Q. F. D.

Corollaires. — On sait que la transformation au moyen de la fonction analytique $f(z)$ conserve les angles en tout point z_0, où $f(z)$ est holomorphe et où $f'(z_0) = 0$. Cela signifie que si l'on transforme les deux courbes L et L_1 formant au point z_0 un angle α par la transformation $f(z)$, les deux courbes transformées $f(L)$ et $f(L_1)$ ont le même angle α au point d'intersection. Il est manifeste que pour tout point z_0, $|z_0| = 1$, où la dérivée limite de $f(z)$ existe et n'est pas nulle, cette propriété sera aussi conservée.

Le théorème démontré nous donne immédiatement le corollaire suivant :

Corollaire. — *S'il existe une enveloppe pour la frontière du domaine simple, simplement connexe* R, *la transformation au moyen de la fonction* $f(z)$ *réalisant la représentation conforme de ce domaine sur l'intérieur du cercle* $|z| \leqq 1$ *conserve nécessairement les angles pour tout point* $\bar{z}$, $|\bar{z}| = 1$, *appartenant à un ensemble* E, Mes. E > 0.

La question qui se pose naturellement est la suivante : *une transformation au moyen de la fonction réalisant la représentation conforme du domaine simple simplement connexe, limité par une courbe jordanienne sans points multiples sur l'intérieur du cercle* $|z| \leqq 1$ *conserve-t-elle nécessairement les angles presque en chaque point de* $|z| = 1$.

La réponse est négative : on peut construire un domaine limité par une courbe jordanienne sans points multiples, n'ayant aucune enveloppe. Il en résulte que la fonction correspondante $f(z)$ ne conserve pas les angles presque en chaque point de $|z| = 1$.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur l'adhérence d'un liquide parfait à un solide qu'il baigne et le théorème de Lagrange.* Note (¹) de M. MAURICE ROY, présentée par M. L. Lecornu.

La condition d'adhérence d'un fluide parfait, incompressible et indilatable à la paroi d'un solide qu'il baigne, paraît, en général, incompatible avec le théorème de Lagrange si le liquide n'est soumis qu'à des actions extérieures conservatives et si le système considéré est mis en mouvement à partir du repos et sans variation brusque de la vitesse d'un quelconque de ses points.

M. Boussinesq (²) a montré, dans le cas où le liquide est affecté de viscosité, que la condition d'adhérence à la paroi met en défaut le théorème de Lagrange et en a donné un exemple dans un cas particulier, en remarquant que les intégrales du mouvement relatives à ce cas sont des fonctions non analytiques du temps pour l'instant initial (mise en mouvement).

Duhem, en étudiant l'extension du théorème de Lagrange aux liquides visqueux, a montré (³) que cette condition est nécessaire pour permettre d'échapper, dans les circonstances envisagées, à ce théorème ainsi étendu.

Nous voudrions montrer comment, dans le cas du problème résolu par M. Boussinesq, la considération du liquide parfait comme limite du fluide visqueux permet de lever la difficulté énoncée plus haut.

Le problème envisagé est le suivant :

Un liquide visqueux indéfini soustrait à toute action extérieure repose sans mouvement sur un plan fixe xy. A l'instant $t = 0$, on applique en chaque point du fluide une force parallèle à l'axe des x, de valeur constante k par unité de masse du fluide.

On suppose que le liquide garde une température uniforme et constante et qu'il adhère, au moins pendant un certain temps, à la paroi qui le supporte, ce qui exige un coefficient de *frottement de contact* non nul.

La vitesse u d'une particule, dirigée suivant l'axe des x, ne dépend que de z et de t et vérifie l'équation

$$\frac{\partial u}{\partial t} = k + \nu \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}. \tag{1}$$

(¹) Séance du 29 décembre 1924.

(²) J. BOUSSINESQ, *Comptes rendus*, t. 90, 1880, p. 736.

(³) P. DUHEM, *Recherches sur l'Hydrodynamique*, 5ᵉ Partie, Chap. II, § 5 (Gauthier-Villars, 1903).

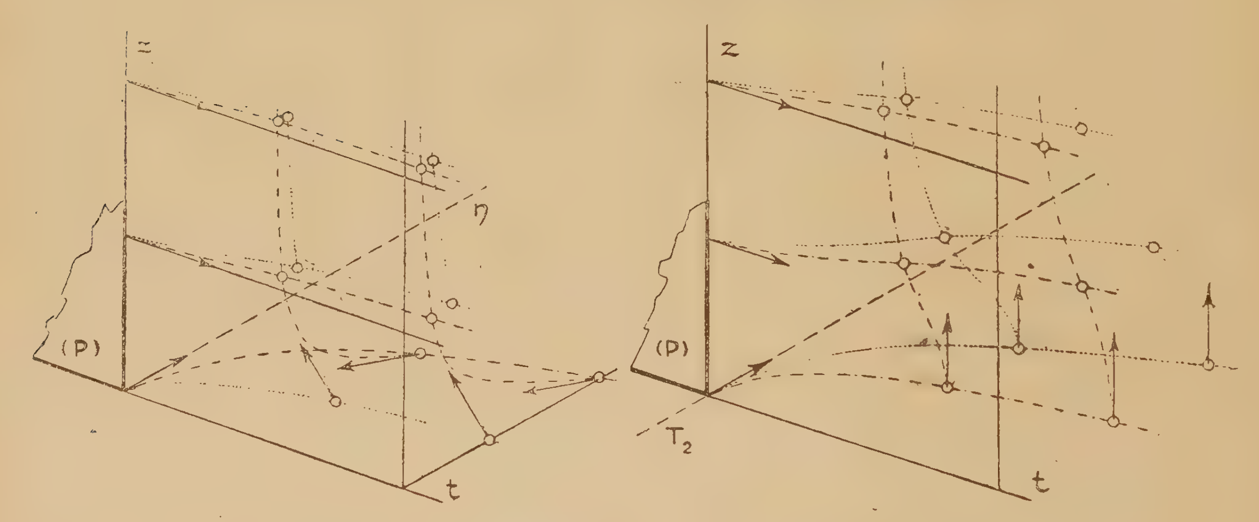
La solution répondant aux conditions initiales ($t=0$, $z \geqq 0$, $u=0$) et aux limites ($t \geqq 0$, $z=0$, $u=0$) est ([1]), tant que l'adhérence subsiste :

$$(2) \qquad u = kt\left[1 - \frac{1}{2\alpha}\left(\frac{z^2}{\nu t}+2\right)\int_{\frac{z}{\sqrt{\nu t}}}^{\infty} \frac{e^{-\frac{s^2}{4}}}{(s^2+2)^2}\,ds\right],$$

α désignant la valeur, positive et inférieure à $\sqrt{\pi}$, de l'intégrale définie

$$\int_0^{\infty} \frac{e^{-\frac{s^2}{4}}}{(s^2+2)^2}\,ds.$$

Si, dans cette solution du problème, on fait tendre le coefficient de visco-



Déformation des surfaces $\eta = \frac{1}{2}\frac{\partial u}{\partial z}(z,t)$ et $T_2(z,t)$ lorsque ν tend vers zéro
[T_2 = effort tangentiel parallèle à Ox sur un element normal à Oz _ Plan (P) : solution du repos]
Legende .... $\nu = \nu_1$, — — — — — $\nu = \nu_2 < \nu_1$, ———————— $\nu = 0$

sité cinématique ν vers zéro, on constate que, dans la forme limite du mouvement :

1° La fonction $u(z, t)$ se réduit à

$$(3) \qquad u = kt \quad \text{pour} \quad z > 0; \qquad u = 0 \quad \text{pour} \quad z = 0;$$

2° Les tourbillons répartis dans le liquide visqueux se localisent sur la

---

([1]) L. Lecornu, *Cours de Mécanique*, t. 3, p. 198 (Gauthier-Villars, 1918).

surface $z = 0$ au contact de la paroi. Dans cette nappe superficielle, l'intensité du tourbillon est infinie, mais le flux de tourbillon pour une bande de dimensions finies de la nappe est fini ;

3° L'effort tangentiel exercé par la paroi sur le liquide en contact est nul ;

4° Le laps de temps à la fin duquel, si le coefficient de frottement de contact n'est pas infini, le glissement au contact succède à l'adhérence prend une valeur infinie.

La considération du fluide-limite montre dans ce cas qu'il suffit d'une valeur non nulle, si faible soit-elle, du coefficient de frottement de contact pour assurer indéfiniment l'adhérence du liquide à la paroi et que l'action exercée par celle-ci sur le fluide ne cesse pas d'être normale à la surface limite de ce dernier. Les molécules de la nappe superficielle de tourbillon limitrophe de la paroi échappent à la démonstration classique (¹) du théorème de Lagrange pour les fluides parfaits, car, pour la solution-limite obtenue, la dérivée partielle seconde $\frac{\partial^2 x(x_0, y_0, z_0, t)}{\partial z_0 \, \partial t}$ n'est pas finie, quel que soit $t > 0$, pour la valeur $z_0 = 0$ correspondant à ces molécules.

En faisant $\nu = 0$ directement dans l'équation (1), on est conduit à la solution classique $u = kt$ (pour $z \geqq 0$) que l'on ne peut concilier avec la condition d'adhérence à la paroi, l'hypothèse d'une discontinuité de la fonction u pour $z = 0$ se présentant alors comme arbitraire. La considération du fluide-limite *rend au contraire légitime l'admission de cette singularité et son interprétation comme surface de tourbillon* assurant l'adhérence et mettant en défaut la démonstration classique du théorème de Lagrange.

Si l'on envisage le problème hydrodynamique plus général fourni par un solide mis en mouvement sans choc dans un liquide parfait, de température uniforme et invariable, primitivement en repos et soumis à des actions extérieures exclusivement conservatives, la considération de la solution-limite obtenue en annulant la viscosité dans la solution correspondante relative au cas d'un liquide visqueux (conception déjà préconisée par divers auteurs) paraît susceptible, dans certains cas, de permettre d'imposer au liquide parfait la condition d'adhérer à la paroi du solide immergé affectée de frottement sans provoquer d'effort tangentiel au contact et de justifier alors l'existence d'une couche superficielle tourbillonnaire limitrophe de certaines portions de cette paroi.

(¹) Cf. P. Duhem, *Hydrodynamique, Élasticité, Acoustique*, Chap. V, § 1, p. 108 (Hermann, Paris, 1891).

Remarquons qu'il ne paraît pas permis d'exclure *a priori* dans ce cas l'éventualité du détachement de cette nappe à partir de la paroi et suivant certaines lignes et de son émigration au sein du fluide (où elle fonctionnerait en général comme surface de tourbillon ou de glissement), conformément aux apparences connues d'un certain nombre de phénomènes d'écoulement des liquides.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur l'influence du refroidissement d'un fluide gazeux préalablement à sa compression.* Note [1] de M. **Georges Patart**, présentée par M. Vieille.

Compression sans refroidissement préalable. — Pour élever de p_0 à p_1 l'unité de poids d'un fluide gazeux aspiré à sa température normale t_0 (t_0, comme toutes les notations suivantes, étant exprimé en températures absolues), il faut consommer un travail T qui peut être représenté par l'expression

$$T = \frac{1}{\alpha}\frac{C}{A}t_0\left[\left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1\right] = \frac{1}{\alpha}\frac{C}{A}t_0(\lambda - 1) \qquad \text{si l'on pose} \qquad \left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = \lambda,$$

C étant la chaleur spécifique sous pression constante, A l'inverse de l'équivalent mécanique de la chaleur, γ le rapport des deux chaleurs spécifiques et α le rendement pratique de la compression par rapport à la compression adiabatique théorique.

Compression avec refroidissement préalable. — Dans ce cas le travail T' comprend deux parties : le travail T'_1 correspondant au refroidissement artificiel du fluide gazeux de t_0 à θ_0 et le travail T'_2 absorbé par la compression du gaz refroidi.

Si l'on appelle β le rendement pratique du refroidissement par rapport au travail théorique minimum (cycle de Carnot), le travail T'_1 sera donné par l'expression

$$T'_1 = \frac{1}{\beta}\frac{C}{A}(t_0 - \theta_0)\frac{t_0 - \theta_0}{\theta_0} = \frac{1}{\beta}\frac{C}{A}\frac{t_0}{\mu}(\mu - 1)^2 \qquad \text{pour} \qquad \frac{t_0}{\theta_0} = \mu.$$

La valeur du travail T'_2 absorbé par la compression du gaz refroidi à θ_0 pourra s'écrire

$$T'_2 = \frac{1}{\alpha}\frac{C}{A}\theta_0(\lambda - 1) = \frac{1}{\alpha}\frac{C}{A}\frac{t_0}{\mu}(\lambda - 1),$$

---

(1) Séance du 29 décembre 1924.

α ayant très sensiblement la même valeur que précédemment si la différence $t_0 - \theta_0$ n'est pas trop grande; on en déduit

$$T' = T'_1 + T'_2 = \frac{C}{A} \frac{t_0}{\mu} \left[\frac{\lambda - 1}{\alpha} + \frac{(\mu - 1)^2}{\beta} \right].$$

Comparaison des quantités d'énergie consommées dans les deux cas :

$$\frac{T'}{T} = \frac{\frac{\lambda - 1}{\alpha} + \frac{(\mu - 1)^2}{\beta}}{\mu \left(\frac{\lambda - 1}{\alpha} \right)} = \frac{\beta(\lambda - 1) + \alpha(\mu - 1)^2}{\beta\mu(\lambda - 1)} = \frac{\beta(\lambda - 1) + \alpha(\mu - 1)(\mu - 1)}{\beta(\lambda - 1) + \beta(\lambda - 1)(\mu - 1)}.$$

Sous cette forme de l'expression $T' : T$, il apparaît immédiatement que la condition nécessaire pour que $T' < T$ est

$$\alpha(\mu - 1) < \beta(\lambda - 1) \quad \text{ou} \quad \mu < 1 + \frac{\beta}{\alpha}(\lambda - 1) \quad \text{ou} \quad t_0 > \theta_0 > \frac{t_0}{1 + \frac{\beta}{\alpha}(\lambda - 1)}.$$

Or il existe toujours une série de valeurs de θ_0 satisfaisant à ces inégalités puisque λ est toujours par hypothèse supérieur à l'unité, que β, toujours supérieur à zéro, est rarement inférieur à 0,60 et que α, pour un rendement isothermique de 0,63, varie entre 0,75 et 0,80 quand $p_1 : p_0$ varie de 2 à 5.

Température optima de refroidissement. — Cette température sera celle qui rend $T' : T$ minimum; on l'obtient donc en annulant la dérivée de $T' : T$ par rapport à μ, ce qui donne

$$\mu = \sqrt{1 + \frac{\beta}{\alpha}(\lambda - 1)}, \qquad \theta_m = \frac{t_0}{\sqrt{1 + \frac{\beta}{\alpha}(\lambda - 1)}} \qquad \text{et} \qquad \left(\frac{T'}{T}\right)_{\text{min.}} = \frac{2\alpha(\mu - 1)}{\beta(\lambda - 1)}.$$

L'étude géométrique des diagrammes de compression et de refroidissement conduit aux mêmes conclusions que l'étude analytique ci-dessus et fait voir, en outre, que le refroidissement préalable à la température optima θ_m procure, dans la dépense d'énergie, exactement la même économie que la compresion en deux stades avec un stage intermédiaire à la pression la plus favorable $\sqrt{p_0 p_1}$.

Il résulte de cette observation que, dans des installations importantes de compression, comme celles qu'exige l'application de la synthèse catalytique sous pression aux éléments gazeux, comportant l'emploi de nombreux compresseurs très puissants à 5 ou 6 étages et une dépense d'énergie très

importante, le refroidissement artificiel des gaz aspirés à tous les étages par une machine frigorifique *unique* permettrait soit de réaliser la même économie d'énergie que le dédoublement des étages de tous les compresseurs, soit, pour la même dépense d'énergie, de réduire de moitié le nombre des étages de tous les compresseurs.

ASTRONOMIE COSMOGONIQUE. — *Sur le mouvement d'un tourbillon dans un milieu résistant : application aux tourbillons planétaires.* Note de M. **Émile Belot**, présentée par M. Bigourdan.

Le phénomène de Magnus, bien étudié par Lafay, montre qu'un corps tournant dans un milieu résistant où il se déplace engendre par sa rotation une composante de pression latérale qui le dévie de sa trajectoire. Considérons un cylindre tournant frappé latéralement par le vent : il entraîne avec lui une masse d'air qui, d'un côté va dans le sens du vent et du côté opposé en sens inverse : de ce côté un excès de pression se produira qui chassera le cylindre dans une direction qui peut faire avec celle du vent un angle variant de 45° à 70°. Ce phénomène vient d'être appliqué par Flettner à la propulsion d'un bateau au moyen de deux mâts cylindriques tournants : il trouve aussi son application dans les suggestives expériences de pseudo-magnétisme de Ch. Weyher qui a imité toutes les actions magnétiques par l'attraction et la répulsion de cylindres parallèles en rotation. J'ai rencontré ce même phénomène dans une machine produisant des tubes à cigarettes cylindriques. Ce fait m'a suggéré une expérience très simple pour reproduire le phénomène de Magnus. On façonne avec une feuille de papier un cylindre de 25^{cm} de longueur sur 5 à 10^{cm} de diamètre, en en cannelant la surface pour que l'action soit plus marquée. Ce cylindre roulant sur un plan très incliné et tombant dans l'air reculera très en arrière de l'arête inférieure de ce plan.

Ce phénomène est aussi celui qui produit l'élargissement d'un anneau de fumée qui monte dans l'air : car un cylindre est l'élément linéaire du tore ou anneau rencontrant la résistance du fluide. C'est encore le même effet de Magnus qui agit sur les tempêtes tournantes venant d'Amérique : suivant que près de l'Europe elles sont attaquées par un vent venant du Nord ou du Sud, elles ont leur translation ralentie ou accélérée.

C'est dans le domaine cosmogonique que ce phénomène trouve son application à très grande échelle : d'après la cosmogonie tourbillonnaire

toutes les planètes à rotation directe sont issues de tubes-tourbillons coaxiaux provenant de l'enroulement des nappes planétaires le long d'une méridienne par le vent antagoniste de la nébuleuse primitive. Les rayons de ces tourbillons sont donnés par les premiers termes de la loi des distances des satellites de chaque planète : ce sont en rayons planétaires : 0,35 pour la Terre — 0,165 pour Mars — 0,814 pour Jupiter — 0,1 pour Saturne. Les planètes à rotation rétrograde doivent leur origine à un tore-tourbillon ou anneau en lequel s'est enroulée la nappe planétaire correspondante : grâce à ses satellites on connaît, pour Uranus, le rayon 5,41 égal à la demi-épaisseur de l'anneau. Cette épaisseur considérable est égale à 43,28 rayons terrestres, soit plus des $\frac{2}{3}$ de la distance de la Lune, ce qui explique, par condensation, la rotation rapide d'Uranus autour d'un axe couché dans l'écliptique comme l'axe de rotation des molécules de l'anneau. Dans la théorie classique du mouvement d'une planète dans un milieu résistant, on ne tient pas compte de la rotation de celle-ci et l'on suppose toujours la résistance directement opposée à la vitesse sur l'orbite. Dans la réalité un tube-tourbillon planétaire à peu près perpendiculaire à l'écliptique tournant dans le sens direct et se déplaçant sur une orbite de même sens subira le choc extérieur des molécules de la nébuleuse attirées vers le centre solaire.

L'impulsion latérale de ce choc produira donc sur le tourbillon, en vertu du phénomène de Magnus, une composante le poussant dans le sens direct sur sa trajectoire, ce qui compensera en tout ou en partie la résistance de milieu. Il y aura ainsi transformation d'une partie de l'énergie de rotation du tourbillon planétaire en énergie de translation sur son orbite. Ce phénomène explique bien comment les tourbillons planétaires, une fois arrivés dans l'écliptique primitive à leurs distances, ont pu les garder inchangées tout en restant pendant quelque temps dans la nébuleuse, et si un tel effet ne s'était pas produit, on ne reconnaîtrait plus aujourd'hui aucune loi des distances des planètes et satellites, alors que la loi exponentielle des distances ($X_n = a + c^n$) s'applique très exactement à ces deux catégories d'astres très différents par les masses, les dimensions et les vitesses sur leurs orbites.

Considérons maintenant le cas du tore-tourbillon d'Uranus. Soit x le rayon moyen de cet anneau, $2a$ son épaisseur, V la vitesse de rotation du tore, Δ la densité de la nébuleuse. La pression radiale centrifuge qui élargit l'anneau montant dans la nébuleuse s'exerce sur la surface $4\pi ax$: elle est due à la masse nébuleuse $\pi x^2 \Delta\, dz$ passant à l'intérieur de l'anneau et d'après la théorie aérodynamique de Lanchester-Brandtl, au produit de la vitesse

tangentielle V de rotation par son périmètre $2\pi a$. On a donc :

$$2\pi a V \pi \times x^2 \Delta \, dz = 4\pi a x \, dx,$$

d'où

$$\text{(1)} \qquad \frac{dz}{dx} = \frac{2}{\pi V \Delta x},$$

$$\text{(2)} \qquad z = \frac{2}{\pi V \Delta} \, \mathrm{L} \frac{x}{x_1} \qquad (z = 0 \text{ pour } x = x_1).$$

Ainsi la méridienne de la trajectoire d'un anneau lancé dans un milieu résistant est une courbe logarithmique : c'est aussi la même courbe que nous avons trouvée pour les méridiennes d'épanouissement des nappes planétaires du genre tube-tourbillon et qui conduit à la loi exponentielle des distances.

Les formules (1) et (2) montrent que l'épanouissement de l'anneau sera d'autant plus rapide que Δ et V seront grands. Or au voisinage de l'écliptique primitive, sans doute près du centre de la nébuleuse, la densité devait augmenter. De même la condensation de l'anneau a dû en réduire le diamètre $2a$: si cette condensation s'est faite suivant la loi des aires, la vitesse V a dû augmenter en raison inverse de a. Ces deux causes agissent donc pour augmenter le rayon d'orbite x d'Uranus. Or la loi des distances planétaires $\left(X_n = 0{,}29 + \frac{1{,}886^n}{214{,}95}\right)$ très exacte pour les planètes directes donne pour Uranus la distance 17,76 au lieu de la distance réelle 19,218. La théorie précédente donne l'explication de cet écart.

Comme Uranus, Neptune et la planète ultra-neptunienne doivent sans doute leur formation à des anneaux : mais ceux-ci ont traversé une région de la nébuleuse assez éloignée du centre pour que la densité Δ y soit beaucoup moindre qu'à la distance d'Uranus. Dès lors, d'après la formule (2), les rayons x de ces anneaux seront plus faibles que les distances théoriques. En effet la loi des distances ($n = 14$) donne 33,25 pour celle de Neptune dont la valeur réelle est 30,109. Il est donc probable que la distance réelle de la planète ultra-neptunienne doit être réduite dans la même proportion, c'est-à-dire de 62,44 (distance théorique pour $n = 15$) à 56,5. La loi des masses démontrée dans une Note[1] donne 2,2 pour la masse ultra-neptunienne. Or par les écarts de Neptune par rapport aux positions calculées par les tables de Newcomb, Pickering[2] a calculé la distance 55 d'une planète ultra-

---

(1) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 704.

(2) *Harvard Observatory*, Circular 215.

neptunienne de masse 2. On voit par cet exemple que la Cosmogonie tourbillonnaire arrive par ses méthodes propres aux mêmes précisions que la Mécanique newtonienne, et que les apparentes anomalies des distances des planètes rétrogrades trouvent leur explication dans l'action des courants nébuleux sur des tourbillons.

OCÉANOGRAPHIE. — *Influence de la température superficielle sur les changements thermiques profonds dans la Méditerranée occidentale.* Note de M. **Rafael de Buen**, présentée par M. Joubin.

MM. Richard, Oxner et Sirvent ont publié récemment une liste d'observations de températures et salinités des eaux correspondant à diverses profondeurs, faites au large de Monaco, depuis le mois de décembre 1907 jusqu'au mois de mars de 1914 [1].

Les données appartiennent à trois Stations différentes. Dans les deux premières, on a travaillé entre la surface et 200^m de profondeur; dans la Station III on est arrivé jusqu'à la couche de 1200^m de profondeur, et même à 1400^m dans un petit nombre de cas.

Les courbes faites avec les températures moyennes nous signalent quelques faits intéressants. En effet, dans la Station I, la température superficielle plus élevée correspond au mois d'août, tandis qu'à 25^m nous trouvons le maximum en septembre, à 50 et 75^m en octobre, et à 100, 150 et 200^m de profondeur en décembre. On constate des phénomènes analogues en étudiant les moyennes de la Station II, dans laquelle on observe le maximum superficiel à 25^m en août, à 50^m en octobre, à 75^m en novembre et à 100, 150 et 200^m de profondeur en décembre.

Les mesures thermiques de la Station III sont moins nombreuses; cependant les moyennes calculées signalent le maximum de température superficielle à 25^m en août, à 50^m en octobre, à 75^m en novembre, à 100, 150 et 200^m en octobre, à 300^m en novembre, à 400^m en janvier, à 500, 600, 800, 1000 et 1200^m de profondeur en février.

Les conditions nous indiquent une loi très claire : *c'est que la température superficielle exerce une influence élévatrice sur le régime thermique des couches profondes (dans la Méditerranée occidentale) entre la fin de mars et février.*

Cette influence s'exerce non seulement pendant l'époque du réchauffe-

---

[1] *Bulletin de l'Institut océanographique*, n° 436. Monaco, 10 décembre 1923.

ment superficiel, entre le mois de mars et le mois d'août, mais aussi quand la température superficielle commence à descendre. Ce fait dépend de ce que, malgré le commencement du refroidissement superficiel, les couches immédiates à la surface ont encore une température supérieure à celle du fond.

L'influence élévatrice qu'exercent les couches supérieures peut être exprimée de la façon suivante : *Tant qu'il existe des eaux à température plus élevée dans les couches superficielles ou intermédiaires que dans le fond, le degré thermique augmente dans les zones profondes.*

L'augmentation de la température entre la surface et le fond se fait d'une façon lente entre les mois d'avril et février, étant donné qu'elle est occasionnée seulement par conductibilité de la chaleur à travers la masse liquide. La profondeur à laquelle arrive leur influence dépend de l'élévation thermique atteinte par les eaux superficielles.

Le minimum de février et mars, que l'on constate dans les Stations I et II de Monaco, arrive brusquement. Il doit son origine à la descente des eaux superficielles, qui deviennent plus denses par leur température très basse, et tombent jusqu'à la profondeur en produisant une descente thermique très rapide.

Nous constatons donc, qu'*après une augmentation lente de la température profonde, arrive une descente brusque, occasionnée par les eaux de surface qui, en devenant plus denses, descendent rapidement vers le fond.*

L'époque de la descente des températures profondes doit donc coïncider avec les mois dans lesquels la température superficielle est plus basse que celle du fond et la salinité plus élevée. Ces caractères se trouvent seulement aux mois de février et mars.

Nous pouvons assurer aussi un fait qui a été déjà indiqué par divers auteurs; c'est que *la température de la zone nommée homothermique de la Méditerranée éprouve des changements en relation avec le refroidissement subi par les couches superficielles pendant les différents hivers.*

Dans la Station III on observe, au point de vue des minima, une irrégularité plus grande, peut-être occasionnée, comme il est signalé par MM. Richard, Oxner et Sirvent, par l'existence d'une couche salée et chaude, trouvée déjà par Nielsen dans la mer de Ligurie et attribuée à des eaux qui, provenant de la mer Tyrrhénienne, passent par l'est de la Corse.

L'uniformité signalée par les courbes correspondant aux Stations I et III nous montre aussi que le *régime des eaux dans ces stations, au large de Monaco, est un régime local, non influencé par l'existence de courants qui apporteraient des eaux de caractères différents.*

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur le caractère riemannien projectif du champ gravifique électromagnétique*. Note [1] de M. **H. Eyraud**, présentée par M. Émile Borel.

M. Schouten [2] a proposé de considérer le champ électromagnétique comme un tourbillon lié à la torsion [3] de l'espace quatre dimensionnel. Nous allons montrer qu'une identification systématique des grandeurs physiques aux tenseurs géométriques fait apparaître ses hypothèses comme nécessaires. Soient Γ^r_{ik} les composantes de la connexion affine, non symétriques en ik. Posons

$$(1) \qquad \Gamma^r_{ik} - \Gamma^r_{ki} = \Lambda^r_{ik},$$

$$(2) \qquad R_{ri} = \frac{\partial \Gamma^s_{ir}}{\partial x^s} - \frac{\partial \Gamma^s_{is}}{\partial x^r} + \Gamma^q_{ir}\Gamma^s_{qs} - \Gamma^q_{is}\Gamma^s_{qr},$$

$$(3) \qquad \underset{s}{D} f^k_i = \frac{\partial f^k_i}{\partial x^s} - f^k_p \Gamma^p_{is} + f^p_i \Gamma^k_{ps},$$

$$(4) \qquad E_{ri} = \frac{1}{2}(R_{ri} - R_{ir} + \underset{s}{D}\Lambda^s_{ri}) = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial \Gamma^s_{rs}}{\partial x^i} - \frac{\partial \Gamma^s_{is}}{\partial x^r}\right),$$

$$(5) \qquad K_{ri} = \frac{1}{2}(R_{ri} + R_{ir}).$$

E_{ri} et K_{ri} sont prises pour grandeurs d'intensité fondamentales, la première caractérise par sa nature tourbillonnaire et symétrique gauche le champ électromagnétique. Soit $\mathcal{A}$ une densité scalaire formée à l'aide des seules grandeurs d'intensité; définissons des densités tensorielles (grandeurs d'extension)

$$(6) \qquad \frac{1}{2}\mathcal{H}^{ri} = \frac{\partial \mathcal{A}}{\partial E_{ri}},$$

$$(7) \qquad \frac{1}{2}\mathcal{G}^{ri} = \frac{\partial \mathcal{A}}{\partial K_{ri}},$$

et cherchons à déterminer les lois qui les régissent à partir du principe de Hamilton

$$(8) \qquad \delta \int \mathcal{A}\, dx = 0 \qquad (dx = dx^0\, dx^1\, dx^2\, dx^3),$$

dans lequel les Γ^r_{ik} reçoivent des variations infinitésimales arbitraires. $\mathcal{A}$ est

---

(1) Séance du 29 décembre 1924.

(2) J.-A. Schouten, *Kon. Ak. v. Wet. Amsterdam, Proc.*, t. 26, 1923, p. 8[illegible].

(3) Cartan, *Annales de l'École Normale*, 3e série, t. 40, 1923, p. 368.

fonction des Γ^r_{ik} et de leurs dérivées premières par l'intermédiaire des E_{ri} et K_{ri} d'après (1), (2), (4), (5). Si nous développons l'équation (8) par la méthode classique [1], nous obtenons

$$\overset{*}{\underset{\gamma}{D}} \mathcal{G}^{\alpha\beta} - \frac{1}{2}\Lambda^\sigma_{\gamma\sigma}\mathcal{G}^{\alpha\beta} + \frac{1}{2}(\mathcal{G}^{\alpha i}\Lambda^\beta_{\gamma i} + \mathcal{G}^{\beta i}\Lambda^\alpha_{i\gamma}) - \varepsilon^\beta_\gamma \overset{*}{\underset{\sigma}{D}}(\mathcal{G}^{\sigma\alpha} + \mathcal{H}^{\sigma\alpha}) = 0, \tag{9}$$

on a désigné par $\overset{*}{\underset{\gamma}{D}}$ ce que devient le symbole $\underset{\gamma}{D}$ lorsqu'on y remplace les Γ^r_{ik} par leur partie symétrique

$$\Gamma^{*r}_{ik} = \frac{1}{2}(\Gamma^r_{ik} + \Gamma^r_{ki}) \qquad (\varepsilon^\beta_\gamma = 0 \text{ si } \gamma \neq \beta, \ = n \text{ si } \gamma = \beta); \tag{10}$$

en permutant dans (9) α et β, puis combinant, par addition et soustraction, l'équation obtenue avec la précédente, on parvient aux équations suivantes :

$$\overset{*}{\underset{\gamma}{D}} \mathcal{G}^{\alpha\beta} = \frac{1}{2}\Lambda_\gamma \mathcal{G}^{\alpha\beta} - \frac{1}{2(n-1)}(\varepsilon^\alpha_\gamma \mathcal{G}^{\beta\sigma}\Lambda_\sigma + \varepsilon^\beta_\gamma \mathcal{G}^{\alpha\sigma}\Lambda_\sigma), \tag{11}$$

$$\mathcal{G}^{\beta i}\Lambda^\alpha_{i\gamma} - \mathcal{G}^{\alpha i}\Lambda^\beta_{i\gamma} = \frac{1}{n-1}(\varepsilon^\alpha_\gamma \mathcal{G}^{\beta\sigma}\Lambda_\sigma - \varepsilon^\beta_\gamma \mathcal{G}^{\alpha\sigma}\Lambda_\sigma), \tag{12}$$

$$\overset{*}{\underset{\sigma}{D}} \mathcal{H}^{\sigma\alpha} = 0; \tag{13}$$

l'équation (13) exprime que la densité électromagnétique $\mathcal{H}^{\sigma\alpha}$ a une divergence nulle; il n'y a pas de courant électrique, lorsque la fonction d'action ne contient pas explicitement le potentiel vecteur. L'équation (11) exprime que l'éther a les mêmes géodésiques qu'un espace de Riemann; en effet, prenons $\mathcal{G}^{\alpha\beta}$ pour densité tensorielle fondamentale d'un espace de Riemann, le tenseur contrevariant fondamental sera défini par

$$\mathcal{G}^{\alpha\beta} = g^{\alpha\beta}\sqrt{g} \tag{14}$$

et l'équation (11) est équivalente à la suivante

$$\overset{*}{\underset{\gamma}{D}} g_{\alpha\beta} = \frac{1}{n-1} g_{\alpha\beta}\Lambda_\gamma + \frac{1}{2(n-1)}(g_{\alpha\gamma}\Lambda_\beta + g_{\beta\gamma}\Lambda_\alpha). \tag{15}$$

d'où l'on tire, en faisant intervenir les crochets de Christoffel,

$$\Gamma^{*r}_{ik} = \left\{ {r \atop ik} \right\} - \frac{1}{2(n-1)}(\varepsilon^r_i \Lambda_k + \varepsilon^r_k \Lambda_i), \tag{16}$$

ce qui démontre le caractère projectif riemannien.

---

[1] EINSTEIN, *Sitzber.*, Berlin, 1923, p. 32.

L'équation (12) donne, pour la torsion, l'expression très simple de Schouten

$$(17) \qquad \Lambda^{\gamma}_{\alpha\beta} = \frac{1}{1-n}(\varepsilon^{\gamma}_{\alpha}\Lambda_{\beta} - \varepsilon^{\gamma}_{\beta}\Lambda_{\alpha}).$$

Le système complet des équations de la dynamique de l'éther est constitué par les équations (4) et (5) d'une part, (11), (12) et (13) d'autre part.

Le théorème de l'énergie. — Les équations (16) et (17) permettent d'écrire

$$(18) \qquad \Gamma^{r}_{ik} = \left\{ \begin{matrix} r \\ ik \end{matrix} \right\} - \frac{1}{n-1}\varepsilon^{r}_{i}\Lambda_{k}.$$

Si l'on porte cette expression dans les équations (4) et (5), il vient

$$(19) \qquad \mathrm{E}_{ri} = \frac{1}{2(n-1)}\left(\frac{\partial\Lambda_{i}}{\partial x^{r}} - \frac{\partial\Lambda_{r}}{\partial x^{i}}\right),$$

$$(20) \qquad \mathrm{K}_{ri} = \left\{ \begin{matrix} s \\ s\,r\,i \end{matrix} \right\}.$$

L'équation (19) montre que le potentiel vecteur trouve son expression géométrique dans la torsion. L'équation (20) montre que K_{ri} est un terme purement gravifique, s'exprimant à l'aide des g_{in} seuls et de leurs dérivées premières et secondes, et identique au symbole de Riemann à quatre indices. La densité énergétique qui généralise celle d'Einstein et qui satisfait à un théorème (riemannien) de conservation est donc

$$(21) \qquad -\mathfrak{T}^{r}_{p} = \mathfrak{g}^{ir}\mathrm{K}_{ip} - \frac{1}{2}\varepsilon^{r}_{p}\mathfrak{g}^{ik}\mathrm{K}_{ik}$$

et l'on a

$$(22) \qquad \frac{\partial\mathfrak{T}^{r}_{p}}{\partial x^{r}} - \mathfrak{T}^{r}_{p}\left\{ \begin{matrix} q \\ p\,r \end{matrix} \right\} = 0.$$

Si la fonction $\mathcal{A}$ dépend explicitement du potentiel vecteur, on posera

$$(21) \qquad \frac{\partial\mathcal{A}}{\partial\Lambda_{i}} = \frac{1}{2(n-1)}\mathfrak{S}^{i},$$

et en conservant (19), seule l'équation (13) sera modifiée et deviendra

$$(22) \qquad \frac{\partial\mathfrak{N}^{\sigma\alpha}}{\partial x^{\sigma}} = \mathfrak{S}^{\alpha}$$

et fournira le théorème de conservation de l'électricité

$$(23) \qquad \frac{\partial\mathfrak{S}^{\alpha}}{\partial x^{\alpha}} = 0.$$

ÉLECTRICITÉ. — *Enregistreur photographique et oscillographe.* Note [1] de M. A. **Perot**, présentée par M. Henri Deslandres.

Pendant la guerre, le problème de l'enregistrement des courants à haute fréquence amortis m'a été posé par le Service de la Télégraphie militaire. Pour le résoudre j'ai eu l'idée d'inscrire les indications d'un oscillographe sans inertie sur une pellicule photographique se déplaçant à de très grandes vitesses pouvant atteindre 150^{m} par seconde.

Il existe à l'heure actuelle des oscillographes cathodiques sans inertie; celui que j'ai réalisé ne prétend pas rivaliser comme perfection des images avec celui de M. Dufour, son seul mérite est d'être très simple et d'un emploi très commode.

Voici d'abord comment la pellicule photographique est entraînée :

Un film de prise de vues est placé à la périphérie d'un volant en acier, de 1^{m} de tour; ce volant a été calculé et construit sous la direction de M. Rateau de manière à tourner sans danger à 150 tours par seconde; une des extrémités de l'axe est filetée au pas de 8^{mm}, un écrou cylindrique est emmanché sur cette vis, il peut soit tourner avec l'axe, soit être maintenu fixe par une pince serrée à la main; dans ce dernier cas, si le volant tourne, il se déplace hélicoïdalement. La partie filetée de l'axe ayant 50^{mm}, l'entraînement longitudinal cesse quand le volant a parcouru 50^{mm}, l'écrou n'étant plus en prise avec la vis; le mouvement longitudinal vient alors s'amortir dans un dash-pot.

Le volant est entraîné de la façon suivante :

L'axe du disque est percé d'un canal cylindrique fermé par une plaque d'acier dans laquelle est pratiqué un trou carré de 10^{mm} de côté; dans ce carré s'engage une tige cylindrique en acier dont l'extrémité, de dimensions transversales supérieures à celles de la tige, forme un prisme de section carrée; la longueur de la partie prismatique est telle que cette partie est complètement rentrée dans le creux de l'arbre quand le déplacement longitudinal est effectué; le volant est ainsi débrayé. La tige est solidaire d'un pignon en cuir vert entraîné par une roue dentée montée directement sur l'axe d'un moteur électrique de 4 kilowatts.

En résumé, la méthode consiste à lancer au préalable le volant photographique à la vitesse voulue et, à l'instant convenable, à provoquer son déplacement longitudinal par la manœuvre d'une pince.

---

[1] Séance du 5 janvier 1925.

La pellicule est fixée à la périphérie du volant par des masselottes en cuivre que la force centrifuge appuye contre des ponts en acier avec une force d'autant plus grande que la vitesse est plus élevée.

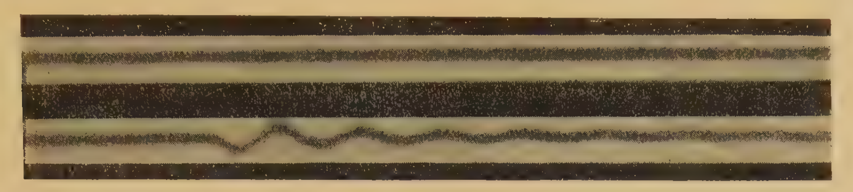


Fig. 1. — Courant sinusoïdal amorti, produit par la décharge d'un condensateur dans un circuit réactif. Vitesse 36^{m} par seconde ; $\lambda = 45^{km},8$.

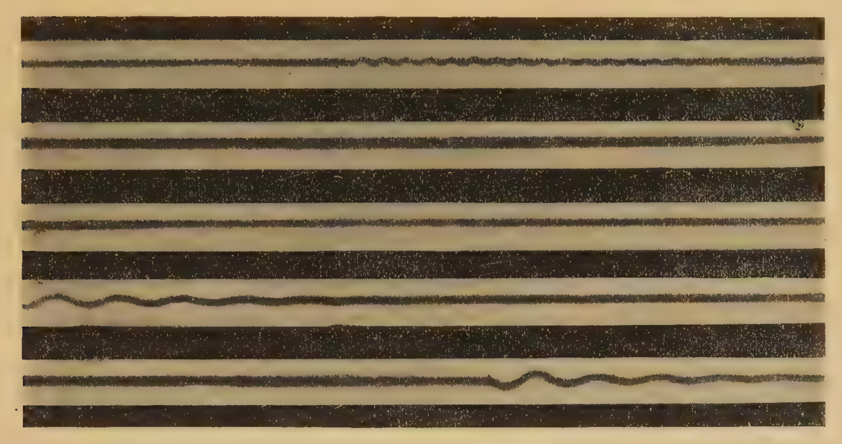


Fig. 2. — Courant sinusoïdal amorti, anomalie inexpliquée, révélée par le tracé supérieur. Vitesse 40^{m} par seconde ; longueurs d'onde 30^{km} et 11^{km}.

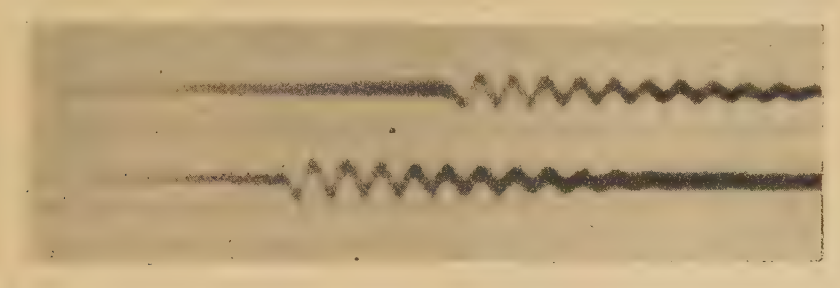


Fig. 3. — Courant sinusoïdal amorti avec harmoniques, fourni par un poste d'avion alimenté par un alternateur γ. Vitesse 100^{m} par seconde ; $\lambda = 6^{km},5$.

Voici maintenant l'oscillographe sans inertie que j'ai réalisé : l'appareil est basé sur la polarisation magnétique du sulfure de carbone ; un tube de verre fermé par des glaces isotropes est recouvert d'un enroulement que le courant doit traverser ; il est rempli de sulfure de carbone ; un faisceau de lumière émané d'un arc, rendu parallèle par une lentille, est polarisé par un nicol, il traverse le tube de sulfure de carbone puis un compensateur de

polarisation rotatoire et un analyseur à angle droit sur le nicol polarisateur. Dans ces conditions, si l'on forme sur un écran une image du compensateur, on a une frange noire aux points pour lesquels les épaisseurs des quartz du

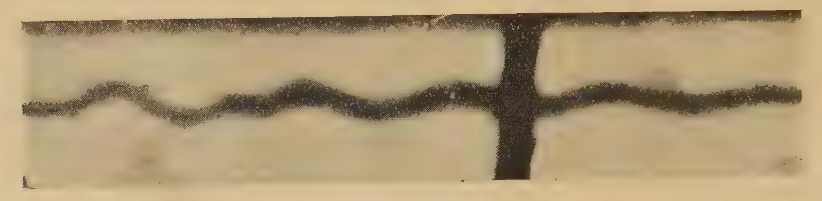


Fig. 4. — Décharge d'un condensateur dans un circuit réactif, anomalie au début de la décharge. Vitesse 150^m par seconde.

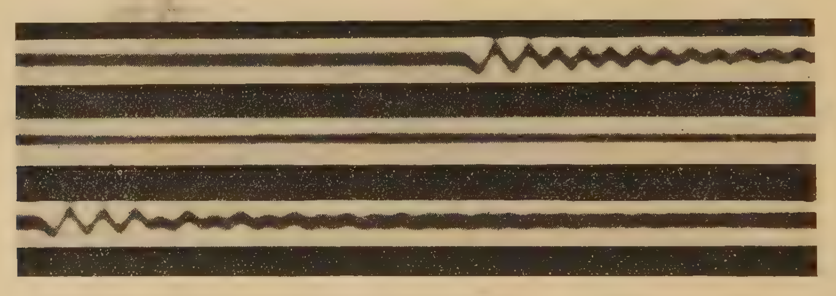


Fig. 5. — Courant sinusoïdal peu amorti, complexe, le tracé inférieur indique l'harmonique 2. Vitesse 38^m par seconde. La période du tracé supérieur va en décroissant.

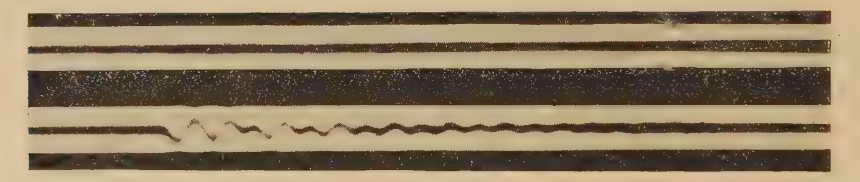


Fig. 6. — Courant oscillant dans un circuit comprenant 2 condensateurs. Vitesse 30^m par seconde.

compensateur sont les mêmes; si un courant traverse l'enroulement placé sur le tube, la frange est déplacée dans un sens qui varie avec celui du courant et le déplacement est proportionnel à l'intensité. Si l'image est formée à l'aide de deux lentilles cylindriques convergentes à axes croisés, on peut avoir une image du compensateur presque réduite à une ligne, dans laquelle la frange se présente comme un point noir, dont la position variera avec le courant qui magnétise le tube. Cette image se forme sur la pellicule photographique; si le courant est nul le point frange décrit une hélice, s'il existe un courant variable il décrira une courbe dont les ordonnées seront proportionnelles à l'intensité du courant.

Les figures qui accompagnent cette Note reproduisent quelques courbes de courants divers, les vitesses variant de 30 à 150^m par seconde.

SPECTROSCOPIE. — *Le spectre d'étincelle du tungstène dans la région de Schumann.* Note de MM. Léon et Eugène Bloch, présentée par M. Brillouin.

Le spectre du tungstène n'a donné lieu jusqu'ici à aucune mesure dans la région de Schumann. La liste qui suit est celle des raies d'étincelle de cet élément entre 1826 et 1453 ångströms. Le complément de cette liste, qui comprend des raies de longueurs d'onde plus grandes et établit le raccord avec les mesures faites récemment par M. Bayen jusqu'à la longueur d'onde 1873 [1], sera publié dans un autre recueil.

Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.
5	1826,45		0	1790,27		0	1757,99	
2	1825,02		0	1789,39		1	1756,80	
0	1824,61		4	1788,90		2	1755,58	
4	1821,38		0	1788,23	double	2	1755,25	
2	1820,83		2	1786,79		2	1754,44	
3	1819,17		2	1785,84	diff.	3	1753,45	
2	1817,60		1	1784,60		1	1752,72	
5	1815,81		6	1783,92		0	1750,12	
2	1814,18	diff.	1	1783,39		0	1749,14	
2	1813,31		1	1782,95		2	1748,20	
5	1812,39		2	1781,47		2	1747,88	
2	1811,40		3	1780,69		0	1747,10	double
1	1809,67	diff. Fe?	0	1780,18		2	1741,66	
3	1808,65		0	1778,05		2	1740,42	
2	1808,27		4	1777,27		0	1739,76	
0	1806,53	diff.	4	1775,90		1	1738,22	diff.
0	1805,89	diff.	1	1773,85	double	0	1736,48	
2	1804,56		0	1773,01		2	1735,76	diff.
2	1804,09		2	1771,93		1	1735,17	
4	1802,37		2	1770,94	diff.	1	1733,88	
3	1800,86		2	1769,57		2	1733,21	
2	1798,20		3	1768,84	diff.	1	1732,89	
1	1797,45		2	1766,74		3	1731,46	
1	1796,87		3	1765,71		0	1730,92	Fe?
3	1795,46		3	1764,21		3	1729,33	
2	1794,76		2	1762,49		3	1728,73	
1	1793,48		1	1761,45	diff. Fe?	2	1728,10	
1	1792,95		1	1760,21	diff.	1	1726,90	
3	1792,26		2	1759,04		0	1726,31	Mn?
1	1791,62		2	1758,48		0	1725,93	

[1] *Comptes rendus*, t. **180**, 1925, p. 57.

Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.
2	1724,87		2	1671,67		1	1607,10	
4	1723,86		3	1669,38		1	1606,36	
0	1722,74	Fe?	1	1667,13		0	1605,63	
1	1721,83		3	1666,16		1	1603,98	
1	1719,61		2	1665,55		1	1602,74	diff.
2	1719,00		2	1665,13		2	1601,33	double
1	1718,47		2	1664,64		1	1600,21	
1	1717,97		1	1662,26	t.diff.	2	1599,80	
1	1717,35		3	1661,12		2	1599,27	
3	1716,50		0	1659,44		1	1598,90	
1	1716,08		3	1653,98		1	1597,74	
0	1715,68		3	1650,79		2	1597,39	
00	1714,76		1	1650,00		2	1596,52	
3	1714,17		2	1648,92		2	1596,12	
2	1713,02	diff.	1	1646,92	diff.Fe?	1	1595,73	
3	1711,70		0	1645,53	diff.	4	1594,13	
0	1711,16	Si?	2	1644,55		1	1593,09	
00	1709,77	Fe?	2	1642,75		1	1592,63	
00	1708,83		0	1640,60	double	2	1591,35	
0	1708,06		2	1639,05	Fe?	2	1590,30	
3	1707,61		0	1636,31		1	1589,17	
2	1705,32		1	1635,50		0	1588,25	Fe?
2	1703,64	diff.	0	1634,45		2	1587,27	
0	1701,10		1	1633,13		0	1585,32	
2	1700,63		0	1632,32		1	1583,20	
1	1699,58		1	1631,21		1	1582,71	
1	1698,82		2	1630,47		0	1580,74	
4	1698,02		1	1628,94	Fe?	0	1580,35	
2	1695,45		1	1628,46		2	1579,96	
2	1694,56		00	1627,56		0	1579,76	
00	1692,35	diff.	00	1627,00		3	1577,85	
3	1691,31		1	1625,66		00	1577,13	
0	1689,31	t.diff.	1	1624,52		1	1576,39	
1	1687,40		00	1623,05		1	1575,69	
1	1686,35	Fe?	0	1622,31		1	1575,05	
1	1684,03		2	1620,95		1	1574,59	
1	1682,97		00	1619,75		1	1574,10	
1	1682,25		2	1618,99		1	1573,36	
1	1681,58		0	1618,23	Fe?	0	1573,04	
2	1680,13	diff.	2	1615,23	diff.	2	1572,34	
2	1676,35		1	1614,25		1	1571,62	
2	1675,60	Fe?	2	1613,65		1	1570,46	
1	1674,21		3	1611,84		2	1569,71	diff.
2	1673,40		2	1610,00	t.diff.	1	1568,91	
2	1672,12		2	1608,32	diff.Fe?	3	1568,04	diff.

Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.
1	1567,08		00	1530,55		2	1497,53	
2	1566,48		1	1529,95		2	1496,07	
0	1565,69		3	1528,99		1	1495,63	
1	1565,25		0	1528,36		2	1492,46	?
1	1564,83		00	1527,91		1	1491,93	
4	1563,84		1	1527,27	Fe?	1	1491,16	
5	1559,25		00	1526,22		1	1489,91	
1	1558,29		1	1525,78		1	1489,01	
1	1557,95		4	1524,90		1	1488,64	
1	1556,82		0	1524,23		1	1487,35	large
2	1555,75	diff.	2	1523,68		1	1486,31	diff.
1	1553,58		00	1523,12		0	1485,54	
4	1553,08		1	1522,56		0	1485,12	
2	1552,70		0	1521,94		0	1484,53	
1	1551,91	Fe?	1	1521,26		0	1483,96	
0	1551,36		2	1520,23	diff.	2	1483,22	
3	1550,76		3	1519,77		00	1482,27	
2	1549,96		0	1518,83		00	1481,55	
2	1549,32		0	1518,25	t.diff.	00	1480,69	
1	1548,93		00	1517,26	t.diff.	3	1479,61	
0	1548,01	double	5	1515,84		1	1478,39	diff.
0	1547,48		3	1515,12		1	1477,06	diff.
0	1546,85		00	1514,01		2	1475,54	t.diff.
2	1546,52		00	1513,32		3	1474,54	
2	1546,24		0	1512,66		00	1473,68	
1	1545,45		0	1512,31		00	1473,03	
1	1545,02		1	1511,71		2	1472,62	
1	1543,46	diff.	1	1511,22		0	1471,73	
0	1543,09		1	1510,58		2	1471,29	
0	1542,35		3	1509,78		1	1470,69	
3	1541,85		3	1508,21		0	1470,21	diff.
0	1541,41		2	1507,44		2	1468,05	
0	1540,82		0	1506,93		1	1467,40	
1	1540,41		2	1506,36		0	1466,30	
2	1539,95		00	1505,58		0	1465,38	
2	1536,16		0	1505,23	Fe?	0	1464,38	
2	1535,68		0	1504,86		00	1462,88	
00	1535,53	Fe?	0	1504,17		1	1462,36	
00	1534,71		4	1503,90		1	1461,68	
2	1533,86		0	1503,05	diff.	00	1460,83	
3	1533,65		2	1501,82		3	1459,84	
2	1533,04		2	1501,27		00	1458,14	
3	1532,88		1	1500,41		00	1457,03	
00	1531,89	Fe?	0	1499,81		2	1455,18	t. diff.
00	1531,39	Fe?	2	1498,71		1	1453,41	t. diff.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur la formation de milieux optiquement troubles par pénétration d'un liquide transparent dans une résine transparente.* Note de M. **Charles Chéneveau**, présentée par M. G. Urbain.

Les résines transparentes ne présentent aucune structure particulière ni à de très forts grossissements du microscope, ni à l'ultramicroscope.

Le chauffage, en autoclave, d'un fragment de résine transparente (copal, ambre) plongeant dans l'eau, rend cette matière complètement opaque, au bout d'un temps plus ou moins long. En observant sous le microscope des lames taillées, très minces, ou des éclats, on remarque la présence de petites particules. Des copals naturellement mats, ou du succin laiteux, donnent le même aspect. La matité peut aussi se produire, mais moins profondément, en un même temps, si l'on chauffe dans l'eau, sous la pression atmosphérique, une résine tendre fossile ou de formation récente : on peut d'ailleurs pousser l'expérience jusqu'à la fusion de la résine, comme cela est possible avec de la colophane ; on obtient alors une véritable émulsion d'eau dans la résine fondue. Mais il y alors décomposition et déformation de la matière, absolument comme lorsqu'on fond la résine à l'air. Dans ce dernier cas, il se forme des bulles résultant d'une décomposition spontanée. Leur aspect et leurs dimensions ne les rendent pas comparables aux particules indiquées ci-dessus, et leur présence ne trouble pas la transparence de la résine. Je me suis toujours tenu, dans cette étude, en dehors du cas de la fusion.

En ce qui concerne les résines artificiellement mates : pour les copals peu durs, ou dont le point de fusion est bas, les particules ont la forme sphérique; pour les copals durs et l'ambre, les corpuscules ont plutôt la forme d'ellipsoïdes. Si l'on ne considère que la forme sphérique, l'hétérogénéité de la matière peut déjà expliquer, dans une même résine, la diversité dans la grosseur des corpuscules. On peut dire, cependant, que la plus petite bulle se produit à la surface pour la plus petite pression ou la plus faible température rendant plastique la matière, que ce soit au début ou à la fin de l'expérience, et que le diamètre de la bulle croît avec la pression ou la température, jusqu'à une valeur limite correspondant à la constance de ces grandeurs. Il y aura donc, durant la période qui précède un régime permanent, des particules de diverses dimensions, et, quand le régime permanent est établi, prédominance de l'une d'elles; en général, le diamètre le plus fréquent augmente avec la dureté ou le point de fusion des résines.

Dans les résines naturellement mates, on retrouve les mêmes faits; toutefois dans les résines dures comme l'ambre laiteux, les globules sont plus volontiers sphériques.

Dans tous les cas, on remarque que, si les bulles sont parfois isolées, elles paraissent souvent, au bord comme au centre de l'échantillon, suivies de traînées plus ou moins déliées.

Le phénomène de milieu trouble obtenu est dû à la pénétration de l'eau dans la résine, sous la forme des corpuscules observés; lorsqu'il se produit, la matière est à l'état *plastique* et les traînées ne sont que l'apparence des sillages tracés dans le milieu visqueux par les globules qui peuvent s'y déplacer. L'échantillon de résine ne s'est pas déformé, la matité part des bords en contact avec l'eau et progresse vers le centre.

J'ai fait un certain nombre d'expériences pour montrer que les corpuscules sont bien constitués par de l'eau. Les plus convaincantes sont les suivantes :

La résine mate est moins dure que la résine transparente (¹). Le travail mécanique (tournage, fraisage, etc.) du solide trouble, effectué à sec, donne, comme déchets, une pâte humide. En faisant un repère à l'encre de Chine sur une lame de copal tendre mat, j'ai craquelé la masse; à la faveur des fissures, l'eau des sphérules a pu ainsi s'agglomérer en gouttes et dissoudre l'encre. Cette expérience a pu être répétée en employant de l'éosine. L'essai le plus net a été fait en chauffant dans de l'eau colorée bouillante, sous la pression atmosphérique, un petit fragment de copal tendre : on observe une infinité de petites bulles colorées sur fond blanc.

Dans la vapeur, en autoclave, on obtient parfois une matité plus ou moins complète qui est certainement due aux vésicules d'eau condensée.

Une théorie simple, qu'on trouvera dans un Mémoire plus étendu, permet d'expliquer les faits précédemment énoncés, ainsi que la formation de bulles ellipsoïdales ou sphériques dans une résine homogène. Elle relie la plasticité à la viscosité; elle rend compte du jeu des actions capillaires et du déplacement des particules qu'elles ont aidé à créer. J'ai pu déterminer, pour la vérifier par une expérience directe, la tension superficielle (13 dynes/cm) et la viscosité (6.10^5 C.G.S.) d'un copal blanc du Gabon, assez homogène, chauffé, à la pression atmosphérique, dans de l'eau bouillante.

(¹) MM. Coffignier et Nicolardot ont reconnu que la dureté du succin laiteux est environ les trois quarts de celle du succin ambré.

D'autre part, comme le montrent les veines de l'ambre et des résines fossiles, la pénétration de l'eau, se faisant de façon différente dans une résine naturelle dont la composition n'est pas rigoureusement homogène, donne un moyen physique de les déceler.

RADIOACTIVITÉ. — *Recherche des spectres gamma caractéristiques par diffraction cristalline.* Note de M. **Jean Thibaud**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Comme de précédentes Notes [1] l'ont montré, il est possible d'atteindre les diverses fréquences monochromatiques d'un rayonnement γ complexe en convertissant ces radiations en spectres β, par effet photo-électrique sur divers éléments, et en mesurant les énergies des divers flots électroniques ainsi émis.

La méthode de la diffraction cristalline, appliquée avec tant de succès aux rayons X, peut fournir également, par une voie plus directe, une détermination des longueurs d'onde du rayonnement γ. Mais la petitesse des angles de réflexion sélective avait limité jusqu'ici les mesures à un quantum de 170 000 volts (Rutherford et Andrade) [2].

1. J'emploie la méthode du cristal tournant et d'enregistrement photographique de de Broglie : une longueur d'onde λ est réfléchie sur la surface cristalline sous l'angle de réflexion sélective α tel que

$$\sin\alpha = \frac{n\lambda}{2d}.$$

Pour les rayons γ l'angle α ne dépasse guère une fraction de degré : une telle « incidence rasante » nécessite des réglages soignés.

Le pinceau γ, finement délimité par de longues fentes en plomb, tombe sur un cristal de sel gemme porté par un goniomètre de précision et entraîné au moyen d'un mouvement d'horlogerie à une vitesse de moins de 1° en 24 heures. Les longueurs d'onde réfléchies et sélectionnées s'inscrivent sur une plaque photographique. Ces diverses pièces sont alignées à la lunette sur un bon banc d'optique.

Il n'est pas fait usage du champ magnétique intense destiné, dans l'esprit

---

(1) Jean Thibaud, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1706, et t. 179, 1924, p. 165, 815, 1502 et 1322.

(2) Rutherford et Andrade, *Phil. Mag.*, t. 27, 1914, p. 835, et t. 28, 1914, p. 263.

des précédents auteurs, à l'élimination des corpuscules émis soit par la source, soit par effet secondaire du rayonnement pénétrant. Il n'en résulte pas de voile sensible, en dépit de la longueur des poses (40 à 200 heures). La dispersion du spectrographe est assez considérable (45^{cm} à 65^{cm} entre la source et la plaque).

Les sources utilisées étaient des tubes de verre renfermant 40^{mg} de bromure de radium (Ra B + C) en équilibre avec ses produits, soit une préparation de mésothorium dont l'activité globale équivalait à celle de 15^{mg} de $RaBr^2$, soit enfin une préparation de radiothorium de 49 millicuries [1].

2. Les spectres γ obtenus présentent des raies fines et nettes sans apparence de bandes continues. Les mesures ont donné les longueurs d'onde suivantes (à 2 pour 100 près) :

Tableau I.

Rayonnement d'un tube de radiothorium (ou de mésothorium).

Nos.	Intensité.	Longueur d'onde en angströms.	Énergie en volts.	Origine.
1....	forte	0,168	73,500	»
2....	forte	0,145	85,000	Rd Th
3....	faible	0,062	198,600	»
4....	moyenne	0,052	236,000	Th B

Le spectre obtenu avec le radium confirme les deux raies signalées par Rutherford vers 1°30′.

3. J'ai d'autre part étudié l'émission photo-électrique provoquée par le rayonnement γ du même tube de radiothorium dans une lame de plomb au moyen de l'appareil décrit précédemment (1). Le spectre β obtenu présente les raies suivantes :

Tableau II.

Intensité.	RH cm-gauss.	Énergie en volts.	Niveau d'origine.	Énergie du rayon γ excitateur.	Origine du rayon γ.
Très fort	1375	145700	K	233300	Th B
Assez fort	1570	185000	K	273000	Th C″
Moyen	1698	210800	K	298000	Th B

Cette méthode indirecte donne aux erreurs près la même valeur pour le

---

(1) Ce dernier produit a été fractionné à l'Institut du Radium par M. Yovanovitch et mis à ma disposition par Mme Curie.

rayon γ de 236 kilovolts que la diffraction cristalline. Ce même rayon a été également signalé par Mlle Meitner et par Ellis (1).

Pour expliquer deux lignes du spectre β naturel du radiothorium Mlle Meitner prévoyait l'émission par ce corps d'un rayon de 0,146 Å, qui correspond bien au rayon 2.

Enfin le rayon 1 dont la longueur d'onde est inférieure à celles pouvant être émises par les éléments présents, paraît bien être un rayon γ plutôt qu'un des rayons X caractéristiques de ces éléments.

(Les deux rayons γ de 273 et 298 kilovolts déterminés par le spectre photo-électrique, mais plus faibles que le premier, n'ont pu encore être décelés par diffraction.)

4. *La diffraction cristalline fournit une excellente confirmation des valeurs attribuées aux fréquences γ par la méthode des spectres β excités.*

Les résultats précédents mettent en évidence la possibilité d'appliquer les lois de la diffraction cristalline (et principalement la relation $n\lambda = 2d\sin\alpha$) à des rayons pénétrants dont le quantum atteint 236 kilovolts. Il sera probablement possible d'aller plus loin encore dans cette voie.

PHYSICO-CHIMIE — *Absorption ultraviolette des pétroles.* Note (2) de M. **Fred Vlès** et Mlle **Madeleine Gex**, présentée par M. A. Haller.

Nous avons examiné les courbes spectrophotométriques ultraviolettes entre $\lambda 220^{m\mu}$ et le spectre visible, d'huiles brutes de pétrole [Pechelbronn (3)] et de la série de leurs divers produits de séparation et de raffinage. Les corps ont été examinés pour la plupart en solution dans le $CHCl^3$, sous des épaisseurs de l'ordre 0,2 à $1^{mm},5$. La technique spectrophotométrique utilisée a été celle décrite antérieurement (4).

De la façon la plus générale les spectres ultraviolets de ces corps se composent de cinq zones principales d'absorption caractéristiques, formant des bandes ou des groupes de bandes, dont les sommets sont respective-

(1) Mlle Meitner, *Z. f. P.*, t. 9, 1922, p. 131 et 145. — Ellis, *Proc. Cambr. Phil. Soc.*, vol. 21, 1922, p. 121.

(2) Séance du 29 décembre 1924.

(3) La Société anonyme d'exploitations minières de Pechelbronn nous a aimablement fourni des séries d'échantillons d'huiles et de leurs dérivés.

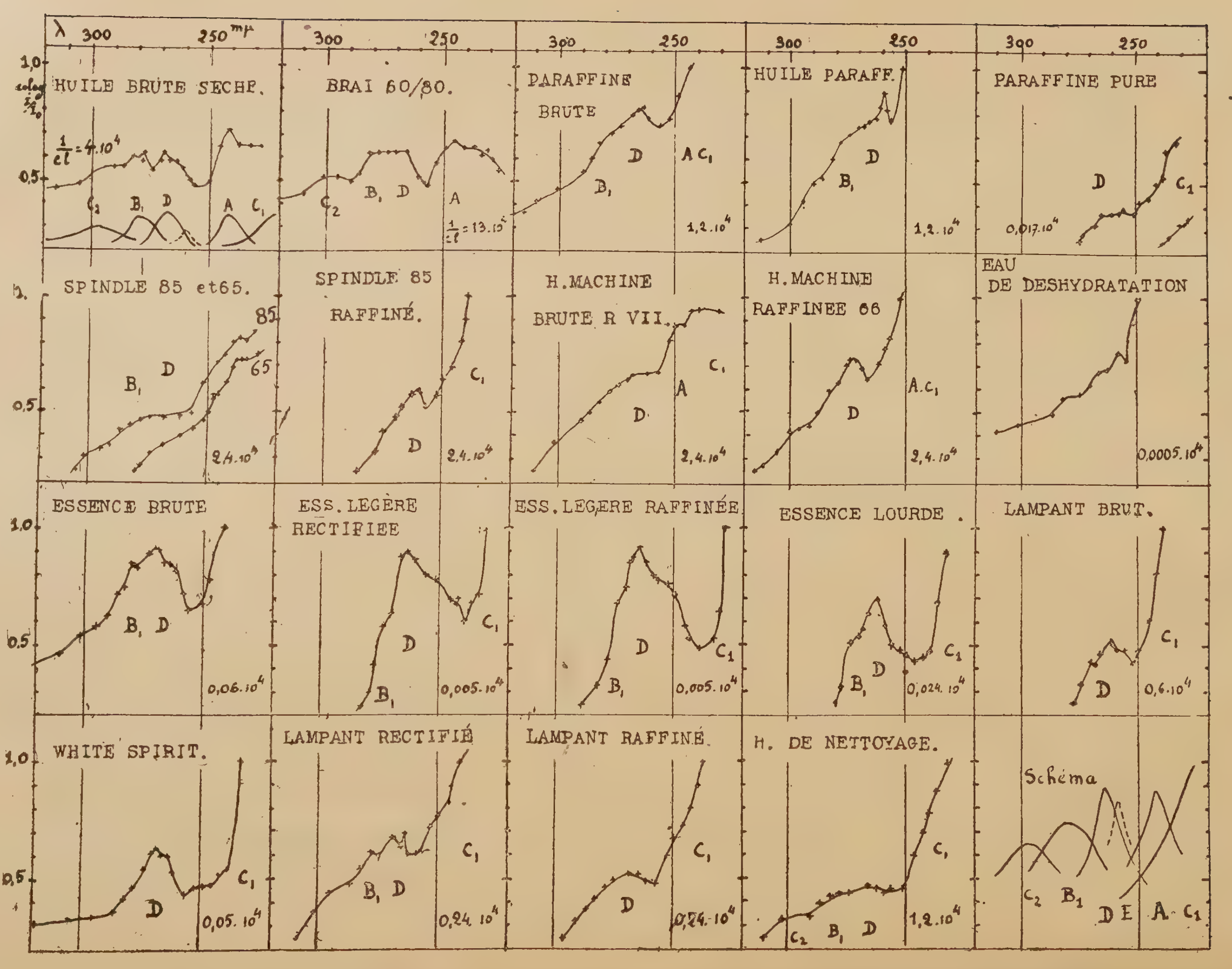
(4) Vlès, *Archiv. Phys. Biol.*, t. 1, 1921, p. 1. — Cf. Amuat, *Thèse de Doctorat* (Strasbourg, 1923). — Hessel, *Archiv. Phys. Biol.*, t. 3, 1924, p. 201.

ment $\lambda^{m\mu}$ 300 (bande C_2), 280 (bande B_1), 265 (bande D), 242 (bande A), < 240 (bande C_1).

Dans ces conditions l'huile brute sèche possède les cinq bandes caractéristiques représentées à peu près également, avec décroissance progressive légère vers les forts λ. La séparation des produits qui proviennent de cette huile brute tend, d'une manière générale, à introduire des modifications en importance absolue ou relative des divers compartiments spectraux : certaines bandes diminuent régulièrement au cours de la série des séparations; d'autres se renforcent à certains moments, rendant compte de la surconcentration de certaines fractions.

C'est ainsi que dans la série de séparation qui conduit de l'huile brute vers le brai sec, on assiste à une amplification générale des bandes, sauf C_1; la série vers la paraffine brute et les huiles machines présente une différenciation progressive de la bande D, qu'accompagnent comme satellites moins importants B_1 et C_2; inversement dans la série qui conduit par les essences brutes aux essences légères raffinées, la même bande D subit une diminution notable; mais les bandes voisines B_1 et A diminuent encore plus vite qu'elle et disparaissent presque complètement, de sorte que D finit par être nettement isolée et différenciée. La bande B_1 est surtout importante dans le brai et dans les huiles de nettoyage; la bande A, dans les divers échantillons où elle est représentée, cède en général au raffinage; le rapport $\frac{D}{A}$ est légèrement plus petit que 1 dans les produits les plus primitifs; il tend à diminuer dans la série des spindles-machines; et au contraire à devenir plus grand que 1 dans les essences et les lampants avec le raffinage. Il n'est pas impossible que la bande D possède comme contrefort une bande plus petite E (λ 260), qui prendrait de l'importance à ses dépens dans certains cas (eau de déshydratation de l'huile brute, huile paraffineuse, spindle raffiné).

Pour les divers corps examinés en solution, la loi de Beer-Lambert cadre de façon inégale, l'accord étant sensiblement réalisé entre certaines limites de concentration pour quelques fractions (essence légère), et au contraire toujours nettement en désaccord dans d'autres. En outre les phénomènes se compliquent du fait que, pour certains de ces produits (white-spirit et brai), les solutions ne sont pas restées identiques à elles-mêmes, et ont évolué dans les conditions expérimentales; c'est ainsi que dans une solution de brai la bande C_2 a pu disparaître en 18 jours. Pour d'autres corps enfin le spectre varie avec la concentration, des bandes peuvent se modifier aux



λ 300 250 mμ
1,0
0,5
HUILE BRUTE SECHE.
$\frac{1}{cl}$ = 4.10⁴
BRAI 60/80.
$\frac{1}{cl}$ = 13.10⁴
PARAFFINE BRUTE
1,2.10⁴
HUILE PARAFF.
1,2.10⁴
PARAFFINE PURE
0,017.10⁴
SPINDLE 85 et65.
2,4.10⁴
SPINDLE 85 RAFFINÉ.
2,4.10⁴
H.MACHINE BRUTE R VII.
2,4.10⁴
H.MACHINE RAFFINEE 66
2,4.10⁴
EAU DE DESHYDRATATION
0,0005.10⁴
ESSENCE BRUTE
0,06.10⁴
ESS.LEGÈRE RECTIFIEE
0,005.10⁴
ESS.LEGERE RAFFINÉE
0,005.10⁴
ESSENCE LOURDE .
0,024.10⁴
LAMPANT BRUT.
0,6.10⁴
WHITE SPIRIT.
0,05.10⁴
LAMPANT RECTIFIÉ
0,24.10⁴
LAMPANT RAFFINÉ.
0,24.10⁴
H. DE NETTOYAGE.
1,2.10⁴
Schéma
C2 B1 D E A C1

fortes dilutions (par exemple l'essence légère raffinée). Il est par conséquent impossible de tirer d'une façon générale et pour tous les corps à la fois, des constantes d'absorption rigoureuses.

Le graphique ci-contre laissera juger de l'évolution des bandes; afin de permettre une comparaison commode, on a représenté uniquement les valeurs de col. $\frac{I}{I_0}$ des solutions ayant servi pour l'examen, en joignant pour chaque corps un coefficient $\frac{1}{cl}$ qui représente, avec une approximation dépendant des écarts de la loi de Beer, l'ordre de grandeur de l'absorption absolue du produit.

Il est encore impossible pour le moment de déterminer avec certitude la nature des constituants auxquels se rapportent chacune des cinq bandes caractéristiques; il est infiniment probable cependant que, dans la bande la plus réfrangible C_{1}, les carbures acycliques saturés peuvent avoir une part prépondérante; au contraire les quatre bandes des plus grandes longueurs d'ondes ne doivent pas correspondre à des carbures acycliques saturés; les carbures cycliques, saturés ou non, y jouent vraisemblablement un rôle. La séparation de ces corps est à l'étude.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la formation directe des oxychlorures de mercure.* Note de M. **H. Pélabon**, présentée par M. A. Haller.

Nous avons déjà signalé que, dès la température ordinaire, l'oxyde de mercure s'unit au sublimé en présence de l'eau, même si l'on opère dans des tubes en quartz pour éviter toute trace d'alcali qui pourrait provenir du verre (¹).

En reprenant à 15° les expériences réalisées par Toda (²) à une température plus élevée (35°), nous avons pu constater la production de trois oxychlorures : $4HgO.HgCl^2$, $2HgO.HgCl^2$, $HgO.2HgCl^2$. Ce dernier composé n'a pu être aperçu par Toda, car il ne se forme pas à 35°. Contrairement aux deux premiers oxychlorures qui sont respectivement marron et noir, le troisième composé est blanc et reste facilement en suspension dans l'eau.

Pour mettre en évidence la production des trois oxychlorures, nous

(¹) Pélabon, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1971.
(²) Toda, *J. Chem. Soc. Japan*, t. 43, 1922, p. 312.

avons introduit dans des tubes en quartz des masses connues des trois corps : sublimé, oxyde rouge de mercure et eau. Après dix jours d'agitation, l'équilibre est atteint et l'on peut doser le chlorure mercurique resté en solution. La proportion de chlorure dissous reste constante et égale à la concentration c du sublimé dans l'eau pure pour la température 15°, tant que la masse de sublimé contenu dans le résidu solide reste supérieure à celle qui correspond à l'oxychlorure $HgO.2HgCl^2$. Aussitôt que ce résidu devient plus riche en oxyde, la concentration de la solution prend brusquement une valeur moindre c' qu'elle conserve jusqu'au moment où la masse d'oxyde est insuffisante pour donner un résidu solide répondant à la composition $2HgO.HgCl^2$. Le dépôt solide des tubes est formé des deux oxychlorures séparables à la centrifugeuse, le composé noir étant le plus dense. La solution de sublimé en équilibre avec le composé $2HgO.HgCl^2$ a une concentration c'' sensiblement moitié de c'. Enfin le dernier oxychlorure $4HgO.HgCl^2$ est en équilibre avec l'eau presque pure.

Voici du reste les nombres que nous avons obtenus pour une température voisine de 15° :

c	(concentration du liquide en équilibre)	avec	$HgCl^2$........	5g,42 pour 100
c'	»	»	$HgO.2HgCl^2$..	3,36 »
c''	»	»	$2HgO.HgCl^2$..	1,60 »
c'''	»	»	$4HgO.HgCl^2$..	traces

Chaque composé est donc en équilibre avec une solution de sublimé de concentration bien déterminée et si deux composés sont en présence, le liquide en équilibre avec les solides prend la concentration qui se rapporte à l'oxychlorure le plus riche en chlorure.

Les mêmes oxychlorures prennent naissance directement si l'on remplace l'eau par l'alcool absolu ou par un mélange d'alcool et d'eau.

Avec l'alcool absolu l'équilibre est atteint beaucoup plus vite; deux jours d'agitation suffisent. Les concentrations limites qui ont des valeurs notablement plus grandes sont représentées par C, C′, C″ et C‴ dans le tableau suivant pour la même température 15° :

C..........................	37g,20 pour 100
C′..........................	19,60 »
C″..........................	9,15 »
C‴..........................	0,25 »

Remarque. — L'oxychlorure blanc $2HgCl^2.HgO$ ne se forme pas si la température dépasse 30° ou si le mélange n'est pas agité de suite. Un tube

contenant 20^{cm^3} d'eau, 0,018 mol-gr de sublimé et 0,002 mol d'oxyde rouge de mercure, a été agitée de suite à 15°. Après 15 jours d'agitation, il renfermait l'oxychlorure blanc et un excès de $HgCl^2$. Au contraire, un tube garni des mêmes corps dans des proportions identiques, abandonné au repos à la même température, montrait après trois jours seulement que tout l'oxyde (que l'on avait eu soin de placer au-dessous du sublimé) était complètement transformé en oxychlorure noir. Il est intéressant de remarquer que dans des conditions identiques, l'oxyde jaune ne change pas de couleur, même après deux mois de contact avec le sublimé en présence d'eau. Mais en agitant longtemps on arrive au même équilibre dans tous les cas avec les deux oxydes. Toutes les expériences relatées plus haut ont été répétées en remplaçant les tubes de quartz par des tubes en verre ordinaire à base de soude et par des tubes en verre d'Iéna à base de potasse. Ces derniers se comportent à peu près comme les tubes de quartz mais dans les tubes en verre ordinaire l'équilibre s'établit en un temps notablement plus court; de plus les nombres c, c', ... augmentent sensiblement avec la durée d'agitation. On peut dire que le verre joue dès le début le rôle de catalyseur par l'alcali qu'il fournit, mais qu'à la longue l'équilibre est modifié.

En résumé, les trois oxychlorures $HgO.2HgCl^2$, $2HgO.HgCl^2$, $4HgO.HgCl^2$ peuvent se former directement en présence de l'eau et de l'alcool si la température est assez basse. Le premier qui est blanc ne se forme pas si la température dépasse 30°, mais quand il est obtenu, on peut le porter même à 100° sans qu'il se détruise.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les aptitudes migratrices du radical α-naphtyle.* Note [1] de M. **Émile Luce**, présentée par M. Béhal.

Les travaux de Montagne [2] et Koopal [3] sur les groupes phényles halogénés, de MM. Tiffeneau et Orekhoff [4] sur les radicaux tolyle et para-anisyle ont développé nos connaissances sur les aptitudes migratrices des radicaux phénylés. Il n'en est pas de même en ce qui concerne la manière

---

(1) Séance du 29 décembre 1924.

(2) Montagne, *Rec. Tr. ch. Pays-Bas*, t. 24, 1905, p. 105; t. 26, 1907, p. 253; t. 29, 1910, p. 136 et 150.

(3) Koopal, *Rec. Tr. ch. Pays-Bas*, t. 34, 1915, p. 115.

(4) Tiffeneau, *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, t. 10, 1907, p. 360. — Tiffeneau et Orekhoff, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 29, 1921, p. 445, et 4e série, t. 35, 1924, p. 924.

de se comporter du groupe α-naphtyle vis-à-vis des autres radicaux. Je me suis proposé d'étudier les aptitudes migratrices de ce radical dans les transpositions des iodhydrines et des amino-alcools.

J'ai tout d'abord essayé la méthode des iodhydrines de M. Bougault [1], employée par M. Tiffeneau pour comparer le phényle au tolyle. A cet effet, j'ai préparé le phényl-α-naphtyléthylène dissymétrique $C^{10}H^7(C^6H^5)C = CH^2$ déjà obtenu par Acree [2], et, pour la première fois, le phényl-α-naphtylpropylène $C^{10}H^7(C^6H^5)C = CH - CH^3$, fusible à 55°-61°, distillant à 232°-236° sous 22-23mm. Malheureusement, les iodhydrines de ces carbures, traitées par NO^3Ag ou HgO, régénèrent le carbure initial par enlèvement de IOH.

Je me suis alors adressé à la méthode de désamination semi-pinacolique, décrite récemment par Mc Kenzie et Roger [3], et appliquée par MM. Orekhoff et Roger [4] aux amino-alcools dissymétriques. Dans cette méthode, on fait agir l'acide nitreux sur les amino-alcools, et le diazoïque, transitoirement formé, donne, par perte d'azote et d'eau, une cétone avec transposition semi-pinacolique.

J'ai étudié, à cet effet, le 2-phényl-2-(α-naphtyl)-aminoéthanol qui devait donner soit l'α-naphtylbenzylcétone (I) par migration du groupe C^6H^5, soit l'α-naphtylacétophénone (II) par migration du groupe α-$C^{10}H^7$.

$$\text{(I)}\quad \begin{matrix} C^6H^5 \\ C^{10}H^7 \end{matrix}\!\!>\!\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}} - CH^2 - NH^2 + O = N - OH$$

$$\rightarrow \begin{matrix} C^6H^5 \\ C^{10}H^7 \end{matrix}\!\!>\!\underset{\displaystyle O}{\underset{|}{C}} - CH^2 - \quad \rightarrow \quad C^{10}H^7 - CO - CH^2 - C^6H^5 + N^2 + 2H^2O,$$

$$\text{(II)}\quad \begin{matrix} C^6H^5 \\ C^{10}H^7 \end{matrix}\!\!>\!\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}} - CH^2 - NH^2 + O = N - OH$$

$$\rightarrow \begin{matrix} C^6H^5 \\ C^{10}H^7 \end{matrix}\!\!>\!\underset{\displaystyle O}{\underset{|}{C}} - CH^2 - \quad \rightarrow \quad C^6H^5 - CO - CH^2 - C^{10}H^7 + N^2 + 2H^2O.$$

---

(1) Bougault, *Comptes rendus*, t. 131, 1900, p. 529, et *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. 23, 1900, p. 760.

(2) Acree, *Berichte*, t. 37, 1904, p. 2753.

(3) Mc Kenzie et Roger, *J. Chem. Soc.*, t. 125, 1924, p. 844.

(4) Orekhoff et Roger, *Bull. Soc. chim.*, procès-verbal, séance du 28 novembre 1924.

Le 2-phényl-2-(α-naphtyl)-aminoéthanol a été obtenu en condensant l'aminoacétophénone sous forme de chlorhydrate avec le dérivé magnésien de l'α-bromonaphtalène. Cette base se présente sous forme de jolies aiguilles cristallines, incolores, fusibles à 161°, peu solubles dans l'éther et le benzène; son chlorhydrate fond en se décomposant à 244° (non corrigé); son chloroplatinate se décompose graduellement à partir de 187°.

En ajoutant une solution de nitrite de soude à une solution acétique de cet aminoalcool, le liquide se trouble immédiatement; peu à peu, des paillettes nacrées se déposent qui, après recristallisation dans l'alcool à 80°, sont fusibles à 56°,5-57° [1].

Si l'on se rapporte à un travail déjà ancien de C. Graebe et H. Bungener [2], on trouve la description d'une naphtylbenzylcétone, fusible à 57°, dont le point de fusion paraît correspondre exactement au produit que j'ai obtenu; on serait donc tenté de conclure à la migration du groupe phényle comme dans la réaction (I). Toutefois, cette conclusion sur la prédominance migratrice du phényle sur le naphtyle me parut en contradiction avec divers travaux antérieurs. Aussi, ai-je tenu à répéter le travail de C. Graebe et H. Bungener en condensant, selon la méthode de Friedel et Crafts, le chlorure de phénylacétyle avec le naphtalène. Le produit que j'ai tout d'abord isolé fondait effectivement à 56°-59°; mais il n'était pas pur. Une purification très soignée m'a permis de séparer deux naphtylbenzylcétones, l'α, cristallisant en paillettes feutrées, incolores, fusibles à 64°,5-65°, la β, cristallisant en petits prismes trapus, fusibles à 99°,5, donnant une combinaison moléculaire avec l'acide picrique [3].

Ainsi, les points de fusion de l'α-naphtylbenzylcétone et de la cétone que j'ai obtenue dans la désamination semi-pinacolique du 2-phényl-2-α-naphtylaminoéthanol sont nettement différents. *Par conséquent, le produit de transposition n'est certainement pas l'α-naphtylbenzylcétone; ce ne peut être que la cétone isomère, l'α-naphtylacétophénone, formée avec migration du radical α-naphtyle.*

Conclusions : 1° Dans la désamination semi-pinacolique du 2-phényl-

---

(1) Le produit ne donne pas de semi-carbazone; il donne une oxime fusible assez mal entre 143° et 151°.

(2) C. Graebe et Bungener, *Berichte*, t. 12, 1879, p. 1078.

(3) Pour attribuer d'une façon certaine à chacune des cétones obtenues sa véritable forme isomérique, j'ai effectué la synthèse de la cétone α en condensant l'aldéhyde phénylacétique avec l'α-$C^{10}H^7MgBr$ et oxydant ensuite l'alcool. Le produit ainsi préparé est fusible à 64°,5-65°. On n'observe aucune dépression dans le point de fusion en le mélangeant au composé obtenu dans la réaction de Friedel et fusible au même point.

2-α-naphtylaminoéthanol, il y a migration, probablement exclusive, du radical α-naphtyle, ce qui démontre que l'aptitude migratrice de ce radical est nettement supérieure au phényle dans cette réaction.

2° Dans l'action du chlorure de phénylacétyle sur le naphtalène, il se produit deux benzylnaphtylcétones, l'α, fusible à 64°,5-65°, la β, fusible à 99°,5. Le corps obtenu par Graebe et Bungener dans cette réaction est donc un mélange et doit être rayé de la littérature chimique.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur le pouvoir rotatoire des corps cholestériques.* Note de M. **Royer**, présentée par M. Pierre Termier.

Les conclusions qui se dégagent d'une série de mesures de pouvoir rotatoire dans les substances à phase cholestérique sont les suivantes :

1° Dans ces substances le pouvoir rotatoire énorme caractéristique de la phase cholestérique est dû à la structure particulière de cet état (¹). Il s'explique par la présence à la fois d'une forte torsion spontanée de la substance et par une biréfringence notable.

2° Le pouvoir rotatoire est d'autant plus petit que le pas de l'enroulement hélicoïdal est plus petit, ou ce qui revient au même que la torsion est plus forte. Dans le cas du mélange de 2,75 parties de cyanobenzalaminocinnamate d'amyle pour 1 partie de benzoate de cholestérine on observe une augmentation notable du pas de l'enroulement quand on augmente la température à partir du premier point de transformation T_1 jusqu'à une température θ pour laquelle la phase cholestérique passe à la phase nématique (²). De T_1 à θ le pouvoir rotatoire augmente constamment et atteint dans le voisinage de θ une valeur 7 fois supérieure à celle qu'il a près de T_1. Au-dessus de θ l'édifice est à enroulement gauche tandis qu'en dessous de θ il est à enroulement droit. Les mesures de pouvoir rotatoire nous ont permis de constater la symétrie du phénomène par rapport à la température θ. De part et d'autre de θ on trouve pour la longueur d'onde $\lambda = 510^{m\mu}$ un pouvoir rotatoire de $+135,8$ tours par millimètre et de $-136,5$ tours par millimètre.

3° L'observation expérimentale montre que dans tous les autres cas le pouvoir rotatoire va toujours en décroissant quand la température aug-

(¹) G. Friedel, *Ann. de Phys.*, t. 18, 1922, p. 419.

(²) G. Friedel et L. Royer, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1607-1610.

mente. Il y a là une différence entre le pouvoir rotatoire cholestérique et le pouvoir rotatoire moléculaire des cristaux qui souvent augmente avec une élévation de la température. Par contre il y a analogie complète au point de vue de la variation avec la température entre le pouvoir rotatoire cholestérique et le pouvoir rotatoire magnétique.

4° L'étude des mélanges nous révèle une autre différence entre le pouvoir rotatoire cholestérique et le pouvoir rotatoire moléculaire. Dans ce dernier en effet on constate dans l'étude des mélanges d'un corps actif avec un corps inactif que le pouvoir rotatoire du mélange résultant est proportionnel à la quantité de substance active, sauf dans certains cas où il se produit des complications d'ordre chimique. Dans le cas des mélanges à phase cholestérique d'un corps nématique avec un corps cholestérique, c'est le mélange à faible teneur en corps actif qui est doué d'un pouvoir rotatoire bien plus grand que le mélange à forte teneur en corps cholestérique.

5° La dispersion rotatoire des corps cholestériques présente également quelques caractères spéciaux. Dans beaucoup de cas on constate une inversion du signe du pouvoir rotatoire de part et d'autre d'une longueur d'onde Λ pour laquelle il n'y a pas de pouvoir rotatoire. Mais ici aussi il y a une différence marquée entre l'inversion du pouvoir rotatoire moléculaire et celle du pouvoir rotatoire cholestérique. Dans les liquides actifs colorés montrant le phénomène de Cotton l'inversion se fait d'une manière continue par le passage par la valeur O pour le pouvoir rotatoire pour une certaine longueur d'onde; dans les substances cholestériques au contraire le pouvoir rotatoire passe d'une manière discontinue d'une valeur $+R$ à une valeur $-R$, où R est grand. On ne retrouve cette dispersion spéciale que dans la dispersion rotatoire magnétique. En dédoublant au moyen d'un champ magnétique la raie D_1 du sodium en deux autres raies de longueurs d'ondes λ_1 et λ_2, M. Zeeman [1] a mesuré le pouvoir rotatoire magnétique entre les raies λ_1 et λ_2 et de part et d'autre de λ_1 et de λ_2.

La courbe de la dispersion rotatoire magnétique obtenue par M. Zeeman a la même allure que celle donnant la dispersion rotatoire d'un grand nombre de substances cholestériques. Aussi bien de part et d'autre de Λ que de λ_1 et de λ_2 le signe du pouvoir rotatoire est différent; dans les deux cas ce changement de signe se fait de la même manière. L'analogie est d'autant plus frappante que dans les deux cas les longueurs d'ondes d'inver-

---

(1) ZEEMAN, *Arch. Néerl.*, t. 7, 1902, p. 465.

sion, Λ pour le pouvoir rotatoire cholestérique, λ_1 et λ_2 pour le pouvoir rotatoire magnétique, ont même état de polarisation : elles sont polarisées circulairement.

GÉOLOGIE. — *Sur un mode de* capture *par* érosion souterraine, *spécial à certains* bassins fermés *de la chaîne du Jura*. Note [1] de M. **E. Fournier**, présentée par M. Pierre Termier.

Il existe, dans la chaîne du Jura, un très grand nombre de dépressions privées d'écoulement superficiel, comparables à celles du Karst et du Péloponèse, et auxquelles on a donné le nom de Bassins fermés. Parandier [2] a depuis longtemps insisté sur leur importance, notamment dans le Doubs, où, d'après ses études, ces dépressions occupent plus du quart de la superficie du département. Ch. Jacot et Guillarmod ont, plus récemment, pour le Jura suisse, dressé une carte au $\frac{1}{100\,000}$ de ces dépressions [3]. J'ai, d'autre part, montré le rôle joué par ces dépressions dans la contamination des Résurgences.

Beaucoup de ces bassins fermés (marais de Saône, bassins de Nancray, de Champlive, de Sancey et du Puits-Fenoz) sont situés dans des zones de plateaux et ne sont par conséquent pas en relations avec une structure tectonique spéciale.

Mais, par contre, dans la *haute-chaîne*, on peut distinguer deux catégories de bassins fermés d'origine structurale. Les uns occupent le noyau de *Brachysynclinaux* formés par l'*Infracrétacé* (lacs des Rousses et de Joux, lac de l'Abbaye de Grandvaux, bassins de Noël-Cerneux, du Russey, d'Arc-sous-Cicon, etc.); les autres correspondent au noyau de *Brachyanticlinaux* dans lesquels les affleurements des marnes de l'*Oxfordien* forment les bords de la cuvette imperméable (le Mémont, les Seignes de Damprichard, les Seignes de Charquemont, les Seignes de Saint-Julien, du Bélieu, de Passonfontaine etc.).

Les bassins fermés brachysynclinaux arrivent fréquemment, au cours de leur évolution, à transformer leur exutoire souterrain en écoulement à

---

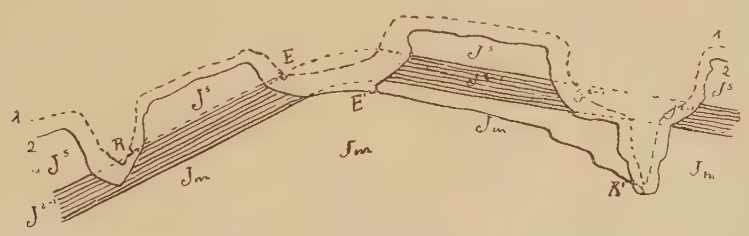
(1) Séance du 5 janvier 1925.

(2) Parandier et Duhamel, *Ann. Soc. Agric.*, *Hist. nat. etc. de Lyon*, 3e série, t. 3, 1859, p. 260-304. Lamairesse avait aussi établi des cartes schématiques des bassins fermés du département du Jura dès 1874.

(3) Voir de Margerie, *Le Jura*, pl. XXVIII et XXIX.

l'air libre, par suite de l'effondrement des voûtes amenant la transformation du cours d'eau souterrain en cours superficiel; c'est ce qui s'est produit par exemple pour le lac de Chaillexon (Bassins et Saut du Doubs). Parfois des déversoirs souterrains subsistent concurremment avec l'exutoire subaérien principal (Ex. : bassin de Frasne, la Rivière, Pontarlier); il peut alors en résulter des captures partielles (Drugeon, Doubs, partiellement dérivés au profit de la Loue), ou même totales : nous avons cité naguère de nombreux exemples de ces captures.

Mais les bassins fermés brachyanticlinaux ont un régime beaucoup plus spécial et présentent, au cours de leur évolution topographique, de très curieux phénomènes de capture très différents des précédents et dont nous allons essayer de donner ici une idée générale et de citer quelques exemples.



1, profil (en pointillé) correspondant à un premier stade d'érosion; 2, profil (en trait plein) correspondant à une deuxième phase du modelé; E, entonnoir absorbant les eaux pendant le premier stade; R, résurgence correspondant au premier stade; E', entonnoir d'absorption correspondant à la deuxième phase; R', résurgence correspondant à la deuxième phase; J_m, calcaires fissurés du Jurassique moyen (Bathonien et Bajocien); J^{2-1}, marnes oxfordiennes imperméables (épaisseur 100^m); J^5, calcaires fissurés du Jurassique supérieur.

Tant que l'érosion n'a fait qu'entamer partiellement les marnes de l'Oxfordien, le fond de la cuvette, constitué par ces marnes, reste imperméable et l'écoulement souterrain du bassin fermé ne peut s'effectuer que par des entonnoirs creusés dans les calcaires du Rauracien et de l'Astartien formant sa bordure (entonnoir E du schéma ci-dessus); la résurgence des eaux ne peut alors se faire que dans une vallée où affleurent les calcaires du Rauracien et de l'Astartien J^5, reposant sur les marnes imperméables J^{2-1} de l'Oxfordien. Un premier stade du régime hydrologique correspond donc à la formation d'un réseau souterrain ER circulant dans le Jurassique supérieur.

Mais lorsque le creusement est arrivé à décaper complètement les marnes de l'Oxfordien dans le fond de la cuvette, le substratum Bathonien calcaire est mis à nu, et les eaux, s'infiltrant dans les fissures du Jurassique moyen J_m, élargissent ces fissures et forment des entonnoirs E' dont les résurgences R'

ne peuvent se trouver que dans des vallées assez profondes pour avoir entamé le Bathonien ou même le Bajocien. Une deuxième phase de modelé commence alors, correspondant à la constitution d'un nouveau réseau souterrain E′R′, creusé dans les calcaires du Jurassique moyen; les eaux du bassin fermé se trouvent donc capturées partiellement ou totalement par ce nouveau réseau.

Les marnes oxfordiennes ayant une épaisseur de 100^{m}, il y a souvent une grande différence d'altitude entre les entonnoirs E et E′ et il n'est pas rare de trouver, dans les crêtes de Jurassique supérieur J^{s}, bordant un bassin fermé, d'anciennes galeries exutoires, creusées au-dessus du fond actuel du bassin. Ces galeries sont actuellement à sec (Ex. : grotte du Mémont, gouffre-grotte de la Roche-Barcher, gouffre des Corbeaux, près Luisans, toutes dans le Rauracien, etc.). D'autres fois, les deux séries d'exutoires peuvent coexister; c'est ainsi que pour le bassin fermé de Passonfontaine l'entonnoir du premier stade (ER) correspond à la perte du moulin de Passonfontaine, dans l'Astartien, perte dont les eaux vont ressortir à Martinvaux, dans la vallée de la Réverotte, tandis que les entonnoirs de la deuxième phase (entonnoirs des Ris, des Veuves, du Rocherot, dans le Bathonien) ont leur résurgence R′ dans la vallée de la Loue, à la grotte-source du Pontet, *dans une direction diamétralement opposée à la précédente*. On pourrait multiplier les exemples.

Le Jurassique moyen étant très épais et les résurgences R′ étant, le plus souvent, à une altitude plus faible que les résurgences R, c'est en général le réseau E′R′ qui arrive à capturer le réseau ER.

GÉOPHYSIQUE. — *Constatation métrique de la forme ovoïde de la Terre.* Note de M. **Ch. Gorceix**, présentée par M. M. Brillouin.

La forme de la Terre dont il est question dans cette Note est celle du géoïde ou surface de niveau zéro et non la surface géographique. Les mesures géodésiques, accompagnées de l'étude, en des lieux aussi multipliés que possible, de la pesanteur, donnent un certain nombre de points du géoïde rattachés à une surface de comparaison qui jusqu'ici a été un ellipsoïde de révolution. Cette méthode ne permet pas de voir la vraie forme du géoïde, qu'on suppose toujours symétrique par rapport à l'équateur; tout au plus fait-elle ressortir des ensembles d'anomalies causées par une inégale répartition de la densité des couches terrestres, mais n'indique

rien sur sa forme générale. Il n'en est plus ainsi si l'on choisit une autre surface de référence. L'étude d'ensemble des arcs mesurés dans l'Europe centrale a conduit les Allemands à admettre comme surface de référence se rapprochant le plus du géoïde dans cette région un ellipsoïde de Bessel amplifié à $\frac{1}{10000}$. Les arcs d'Afrique cadrent mieux avec l'ellipsoïde ordinaire de Bessel. Si donc on prend comme surface de référence l'ensemble des deux demi-ellipsoïdes ci-dessus et, comme on ne peut pas admettre de ressaut à l'équateur, si on les raccorde par une troisième surface tangente aux deux premières dans la région équatoriale, on aura une surface de référence cadrant le mieux possible avec l'ensemble des deux groupes d'arcs envisagés ci-dessus.

Il semble logique d'exiger que cette surface de raccord ne modifie pas le volume total; elle diminue donc celui de l'hémisphère nord et augmente au contraire celui du sud. Cela ne suffit pas évidemment à la définir, mais l'enferme dans des limites qui donnent à très peu près le même résultat.

Une des solutions qui donne le raccord le plus satisfaisant consiste à attribuer à celui-ci la zone équatoriale comprise entre les parallèles 48′55″N et 1°8′45″S.

Le parallèle de plus grand rayon n'est plus l'ancien équateur, mais celui de 16′N qui se trouve à 29683^{m} au Nord; son rayon a' est environ 6377700^{m}. En mesurant les rayons polaires à partir de ce parallèle on voit qu'ils sont inégaux et que $b_S - b_N = 58731^{m}$. La dissymétrie est donc bien nette.

Dans l'hémisphère nord $a' - b_N = 50669^{m}$, il y a aplatissement, tandis que dans l'hémisphère sud $a' - b_S = -8062^{m}$, il y a allongement.

Le géoïde est donc, non pas ellipsoïdal, mais ovoïdal. Animé comme tout le système solaire d'un mouvement de translation dans un milieu très faiblement résistant vers un apex, il a une forme appropriée à ce mouvement et non à une simple rotation autour de son axe.

Le tableau suivant permet de comparer cet ovoïde avec les ellipsoïdes de Clarke (1880) et Bessel (1841) et aussi avec celui que les Américains ont déduit de la combinaison du parallèle 39° avec les autres arcs de méridien de leur pays. Pour les arcs français l'ellipsoïde de Clarke adopté est reconnu trop grand; il corrobore donc les faits exposés.

	Clarke.	Ovoïde.	États-Unis.	Bessel.
$2a$ ou $2a'$........	12 756 490	12 755 400	12 755 154	12 754 794
$2b$ ou $b_N + b_S$.....	12 713 030	12 712 793	12 712 637	12 712 158
$2(a-b)$.........	43 460	42 607	42 517	42 636

En résumé l'ovoïde proposé comme convenant le mieux à l'ensemble de toutes les mesures géodésiques effectuées et calculées actuellement est compris entre les ellipsoïdes de Clarke (1880) et Bessel (1841); il est encore plus voisin, si l'on ne compare que les diamètres polaires et équatoriaux, de l'ellipsoïde des États-Unis, mais il diffère de tous par sa dissymétrie : l'hémisphère nord est aplati et celui du sud, très voisin d'une demi-sphère ($b_s - a' = 8062^m$), est cependant allongé.

On voit en même temps comme on est loin de la forme tétraédrique prônée par certains : la pointe sud est presque exactement une demi-sphère, même en prenant la surface géographique qui est une sculpture de relief infime par rapport au géoïde.

La surface de référence qui vient d'être décrite pourrait être adoptée, semble-t-il, sans qu'il en résulte un grand travail de réfection des tables, puisque, sauf sur une bande équatoriale de 1°57′40″, on conserve l'ellipsoïde de Bessel ou son homothétique amplifié de $\frac{1}{10\,000}$.

Ayant mis en relief par le choix d'une surface de référence particulière la forme ovoïde du géoïde, si on la trouve trop compliquée, on pourrait pour l'usage la remplacer par deux demi-ellipsoïdes tangents ayant respectivement pour demi-axes :

	Nord.	Sud.
a	6377700	6377700
b	6327031	6385762

ce qui éviterait la surface de raccord mal définie.

PALÉONTOLOGIE. — *Existence d'un Reptile à affinités lacertiliennes dans les formations permiennes de Madagascar.* Note [1] de M. **Jean Piveteau**, présentée par M. H. Douvillé.

Les formations paléozoïques du sud de Madagascar ont fourni de nombreux reptiles fossiles d'une extrême importance [2].

La présente Note a pour objet la description de l'un d'eux, déjà signalé par le capitaine Colcanap dans la vallée de la Sakamena (affluent de la rive gauche de l'Onilahy), et que j'ai trouvé récemment dans la région du Mont Eliva, au sud de Betioky (province de Tuléar).

---

[1] Séance du 5 janvier 1925.

[2] Voir M. Boule, *Sur l'existence d'une flore et d'une faune permiennes à Madagascar* (*Comptes rendus*, t. 146, 1908, p. 502-504).

Ce reptile est représenté par un grand nombre d'exemplaires parfaitement conservés, la tête seule étant d'une étude difficile. Leur description anatomique peut ainsi être résumée.

La tête est à contour subtriangulaire. A sa face inférieure, on aperçoit un os jugal qui ne se soude pas au carré : ce reptile n'a donc pas d'arcade quadrato-jugale. C'est là un caractère de lacertilien, que l'on rencontre aussi chez *Broomia perplexa*, forme du Permien de l'Afrique du Sud. Un basisphénoïde assez large se distingue facilement.

La mâchoire inférieure est munie de dents pleurodontes, et possède une apophyse coronoïde bien développée, comparable à celle des lézards.

La colonne vertébrale est formée de vertèbres amphicèles, avec notochorde persistante. Il y a 24 vertèbres présacrées, se décomposant en 6 cervicales et 18 dorsales; il n'y a pas de lombaires. On compte 2 sacrées. Des intercentres existent tout le long de la colonne, sauf entre les sacrées. Le corps des vertèbres est légèrement comprimé en son milieu, les arcs neuraux sont forts, le canal neural large, les zygapophyses horizontales. On peut évaluer à plus de 80 le nombre des vertèbres caudales. Les premières portent de fortes diapophyses soudées aux centres; à partir de la 4e caudale, on voit des os en chevron très développés. Ces divers caractères de la colonne se retrouvent chez *Broomia*, et, avec plus ou moins de netteté, chez *Tanganasaurus* et *Saurosternon*.

Les côtes, longues et recourbées, sont à une seule tête, avec l'extrémité articulaire élargie. Il y a un revêtement abdominal très puissant.

La ceinture pectorale comprend deux coracoïdes ovales, percés d'un foramen. Le scapulum est de faible taille; la clavicule, élargie dans sa partie médiane, a un peu l'aspect d'une côte. L'épisternum ne présente à son extrémité antérieure que de courtes branches latérales, le sternum est bien développé et à peu près quadrangulaire.

Les membres ressemblent à ceux des lézards. Le membre antérieur est légèrement plus court que le membre postérieur. L'humérus, os robuste, est percé d'un foramen entépicondylien; l'avant-bras est plus court que le bras.

Le carpe est remarquable par sa complication. A la première rangée, on a 4 os (radial, intermédiaire, ulnaire et pisiforme), à la deuxième rangée 3 os centraux, et à la troisième 5 carpalia. Cette structure si particulière n'a encore été signalée que chez *Broomia*. (Les genres *Tanganasaurus* et *Saurosternon*, qui sur tant de points présentent de frappantes analogies avec notre reptile de Madagascar, n'ont pas leur carpe conservé.) Les méta-

carpiens vont en augmentant de taille du premier au quatrième, le cinquième a à peu près la taille du deuxième. La formule des phalanges est 2, 3, 4, 5, 4. Tous les doigts sont terminés par des griffes.

La ceinture pelvienne est constituée par un ilion très allongé. Le pubis est un os aplati, discoïde, percé d'un foramen (trou obturateur). L'ischion est également un os plat.

Le fémur, grêle, à double courbure en S, présente un trochanter haut et saillant, qui se continue dans la partie inférieure de l'os comme une ligne âpre. Le tibia et le péroné sont légèrement plus courts que le fémur.

Le tarse est constitué par un astragale muni d'une apophyse montante très développée et un cubital très large; entre ces deux os se trouve un foramen. Il y a 1 central et 4 tarsalia. La longueur des métatarsiens va en augmentant du premier au quatrième, le cinquième ayant à peu près la taille du deuxième. Le cinquième métatarsien présente une apophyse que l'on rencontre chez Sphénodon et les rhyncocéphales jurassiques. La formule des phalanges est 2, 3, 4, 5, 4. Les doigts sont tous terminés par de fortes griffes.

Tous les caractères que nous venons d'énumérer se retrouvent chez *Broomia*. Le sternum est absent dans cette dernière forme, mais une cassure du seul exemplaire connu, cassure passant juste au-dessous des coracoïdes, permet de croire qu'il a disparu accidentellement. Le crâne de *Broomia*, assez bien conservé, peut servir à compléter notre diagnose. C'est un crâne de Lacertilien : absence d'arcade quadrato-jugale, basisphénoïde large et parasphénoïde allongé. Il présente quelques caractères primitifs : dents ptérygoïdiennes et palatines. (Ces caractères se retrouvent d'ailleurs chez certains lézards actuels.)

Les différences que l'on peut trouver entre les deux formes sont extrêmement faibles; l'humérus est un peu plus fort chez le Reptile de Madagascar que chez *Broomia;* la queue paraît également plus puissante.

Le genre *Tanganasaurus*, récemment décrit par Hanghton, de la région de Tanga (Tanganika), présente les mêmes analogies de structure. Les différences signalées par Hanghton ne correspondent peut-être pas toujours à l'observation exacte des faits : il semble bien que parfois la mauvaise conservation du fossile ait induit en erreur l'éminent paléontologiste du Cap.

Ainsi il est possible de conclure à l'existence, pendant les temps permiens, d'un groupe à affinités lacertiliennes. Ce groupe est composé par les genres *Broomia* et *Tanganasaurus* de l'Afrique du Sud et par une forme de Mada-

gascar pour laquelle nous proposons le nom de *Broomia Madagascariensis*, qui traduit ses affinités et rappelle son origine. A ces formes il faut joindre encore *Saurosternon* de l'Afrique du Sud, et peut-être *Aphelosaurus* de France, qui présentent dans leurs parties conservées une morphologie semblable.

Cet ensemble se rapproche des Lacertiliens actuels par la morphologie du crâne et des membres, s'en éloigne par la structure de la colonne vertébrale et des ceintures, et la complication du carpe et du tarse. Il présente quelques analogies avec certains Cotylosauriens (*Captorhinidæ*), et des rapports un peu plus étroits avec les Rhyncocéphales jurassiques et actuel.

Le genre *Broomia* se trouve localisé, en Afrique du Sud, dans la *zone à Tapinocephalus*, située à la base de la série de Beaufort et considérée comme appartenant au Permien moyen. C'est donc au Permien moyen qu'il convient de rapporter les grès et les schistes du Mont Eliva et de la Sakamena, qui ont fourni d'abondants restes de *Broomia Madagascariensis*.

BOTANIQUE. — *Sur le mode de formation des grains d'amidon dans les laticifères des Euphorbiacées.* Note de M. G. **Mangenot**, présentée par M. L. Mangin.

Le latex de nombreuses Euphorbiacées contient des grains d'amidon aplatis et allongés, présentant, chez certains types, un élargissement de leurs extrémités qui leur confère l'allure d'haltères ou de tibias. Le développement de ces grains est encore inconnu; depuis que l'emploi de méthodes exactes a permis de déterminer le mode de formation des grains d'amidon de type courant, personne, en effet, ne semble avoir recherché comment s'édifient ceux, d'aspect aberrant, du latex des Euphorbes. Il faut cependant signaler un travail, déjà ancien, de Potter (1); cet auteur a très sommairement observé que chaque grain d'amidon naît à l'intérieur d'un corpuscule protoplasmique : celui-ci, entourant d'abord le grain, se condense à chacune de ses extrémités; la croissance porte, dès lors, exclusivement sur ces dernières qui se renflent comme les deux boules d'une haltère. Molisch a repris (2), cette étude; il admet que les grains d'amidon

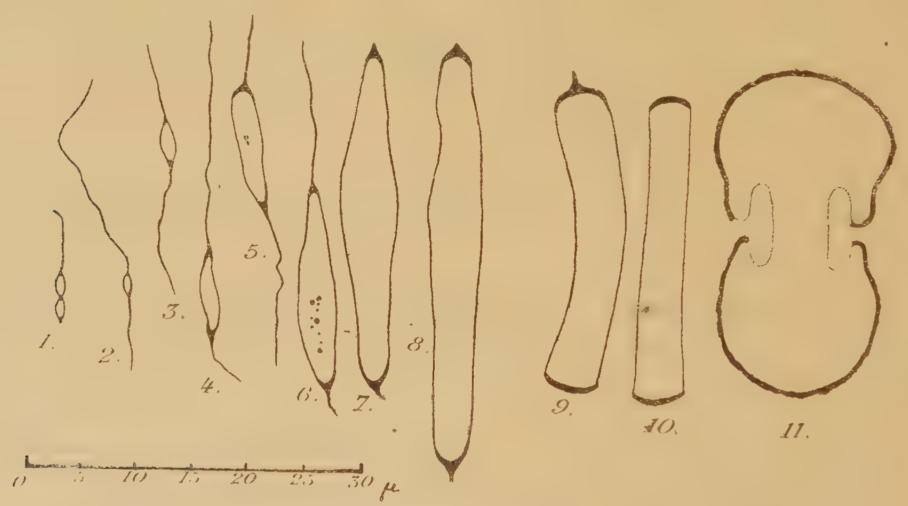
(1) M.-C. Potter, *On the development of starch grains in the laticiferous cells of the Euphorbiacae* (*The Journal of the Linnean Society*, vol. 20, 1884, p. 446-450).

(2) Hans Molisch, *Studien uber den Milchsaft und Schleimsaft der Pflanzen* (G. Fischer, Jena, 1901, p. 4, 5 et 17-19).

des laticifères sont produits par des leucoplastes ayant, aux stades de jeunesse, l'allure de masses protoplasmiques irrégulières et présentant parfois des différenciations d'aspect nucléolaire. Puis le leucoplaste devient invisible, mais son existence peut être décelée par des procédés spéciaux. L'auteur n'indique pas comment se réalise la forme de tibia.

Ces recherches ont été renouvelées sur diverses espèces réparties dans la plupart des sections du genre *Euphorbia*. Elles ont donné les résultats suivants.

La première apparition des grains d'amidon a lieu, dans le cytoplasma des lacitifères, à l'intérieur de chondriocontes souvent très allongés, orientés suivant le grand axe du tube. Chaque filament mitochondrial forme une ou plusieurs vésicules, allongées comme lui, dans lesquelles on peut déceler



Développement des grains d'amidon dans les laticifères des Euphorbiacées.
1 à 8, *Euphorbia heterophylla* Desf.; 9 et 10, *E. Paplus* L.; 11, *E. virosa* Willd.

le granule amylacé naissant (*fig.* 1, 2, 3, 4, 5 et 6); il peut aussi former des grains composés.

A un stade encore très précoce, on observe, à chaque extrémité du grain en voie de formation, une accumulation de substance mitochondriale en un petit nodule arciforme intensément colorable. Aussi est-ce en ces deux points que l'élaboration d'amidon est la plus active : l'accroissement du grain est donc beaucoup plus rapide en longueur qu'en largeur. La vésicule amylifère s'allonge aux dépens de la partie filamenteuse du chondrioconte; celle-ci se trouve bientôt réduite à une petite apophyse surmontant la condensation mitochondriale apicale (*fig.* 7, 8, 9). Chez de nombreuses

espèces surtout chez les types herbacés ou frutescents, la croissance du grain s'arrête lorsque ce dernier a atteint une certaine longueur. Sa forme dépend alors de l'étendue des arcs élaborateurs apicaux : une bande apicale très courte produit des grains aciculaires ou losangiques effilés (*Euph. heterophylla*, par exemple, *fig.* 7, 8), tandis qu'une bande plus allongée produit des grains à bords parallèles (*E. Peplus* par exemple, *fig.* 9, 10), et un arc encore plus long, se continuant sur les extrémités latérales du grain, engendre des formes en haltères (*Euph. biglandulosa*, pas exemple).

Chez de multiples autres espèces d'Euphorbes, particulièrement chez les Euphorbes succulentes, l'allongement, par le processus décrit, n'est qu'une première phase du développement du grain. Lorsque ce dernier a atteint une certaine longueur, variable suivant l'espèce considérée, la condensation mitochondriale s'étend progressivement sur les bords et l'accroissement devient surtout marqué en largeur. Le développement apical du grain s'effectuant en effet désormais sur une longueur toujours croissante, ses extrémités forment bientôt deux larges renflements, égaux ou inégaux : les grains en forme de tibia sont réalisés.

Mais, dans de nombreuses espèces tout au moins, le grain n'est pas encore au terme de son évolution : en effet, tandis que les bandes apicales s'allongent, ajoutant à l'extrémité du grain de nouvelles couches amylacées toujours plus étendues, l'écorce mitochondriale enveloppant jusqu'alors les côtés du grain s'atrophie; les deux arcs apicaux seuls demeurent fonctionnels et produisent les curieux grains dont la figure 11 représente un exemple.

Tous ces processus ne sont pas, bien entendu, d'une absolue régularité ; ils représentent le type moyen d'évolution des granules amylacés du latex. Mais, dans toute espèce, on peut observer, en nombre variable, des modes aberrants de développement, provenant surtout d'une fragmentation plus ou moins précoce d'une ou des deux bandes élaboratrices apicales ; chaque fragment devient ainsi un foyer indépendant de croissance, déterminant la formation de grains épineux ou ramifiés.

La marche de ces processus est très inégale suivant les espèces. En règle générale, les grains d'amidon des laticifères atteignent assez rapidement, dans chaque espèce, leur type caractéristique moyen. Ces grains sont, en effet, bâtis sur des modèles variés et nombreux. Chez *Euph. heterophylla*, par exemple, les grains peuvent devenir très longs (40 à 42^{μ}), mais restent toujours effilés ; ils réalisent leur forme définitive dans les quelques jours suivant la germination et le latex prélevé dans un axe hypocotylé de cette

plante présente un mélange de grains d'amidon identique, à de minimes différences près, à celui observable dans un latex d'un individu en fleurs. Chez *Euph. virosa*, espèce succulente, la longueur des grains ne dépasse pas 30^{μ}, mais les extrémités se renflent rapidement et les pousses de l'été renferment un latex dont les granules amylacés ont, en général, un aspect accusé d'haltères analogue à celui des grains extraits d'articles âgés de plusieurs années. On peut observer toutefois, dans le latex issu de ces derniers, des grains, semblables à celui de la figure 11, que l'on chercherait en vain dans les régions très jeunes. Ces grains sont vraisemblablement assez vieux; certains peuvent compter plusieurs années d'âge ; leur croissance, sans doute fort lente, n'est peut-être pas terminée puisqu'une écorce mitochondriale existe encore à la périphérie des renflements.

Ici se pose le problème du rôle et de la destinée de ces grains. La notion de leur longue existence, étayée par ce fait qu'on ne leur connaît pas d'aspects de corrosion, semble indiquer qu'il s'agit là d'un amidon définitivement soustrait au métabolisme de la plante. Des expériences devront confirmer ou infirmer cette hypothèse.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *La télophase de la division I dans le sac embryonnaire du* Fritillaria imperialis *L.* Note de M. **Maurice Lenoir**, présentée par M. M. Molliard.

Je n'ai pas eu l'occasion d'observer le stade du tassement polaire à la fin de la première division réductrice dans le sac embryonnaire du *Fritillaria imperialis*. Ce stade qui existe cependant à coup sûr est très bref, ce fait expliquant sa rareté. Il est probable que les chromosomes ont l'aspect de bandes épaisses moniliformes, pourvues d'un axe de nucléoline, pelotonnées, qu'on voit à la fin de l'anaphase de la division somatique et de la division réductrice II.

Les stades suivants dont l'évolution est de moins en moins rapide offrent, au contraire, des images de plus en plus nombreuses.

Premier stade. — La première figure de la télophase que j'ai pu observer apparaît bien comme procédant directement du peloton aux chromosomes moniliformes dont je viens de supposer l'existence antérieure. Les deux noyaux frères sont reliés entre eux par le fuseau achromatique en forme de tonnelet. Les chromosomes se montrent formés de séries d'anneaux alignés, imprégnés de chromatine réticulaire; dans quelques-uns restent sertis de

gros granules de nucléoline. De ces granules, il en est qui sont encore disposés en courts alignements continus rappelant l'aspect de portions des chromosomes supposés exister pendant le tassement polaire. Les parties dépourvues de granules ne représenteraient donc que le squelette des chromosomes vidés de leur axe nucléolinien. Les chromosomes sont orientés dans le sens de l'axe reliant respectivement le centre des deux noyaux frères qui, à ce moment, ne contiennent encore aucun vestige de nucléoles.

Simultanément le cytoplasme du sac embryonnaire se montre pourvu d'un grand nombre de granules semblables à ceux qui sont restés enclavés dans les chaînes chromosomiques.

L'origine de ces granulations chromatiques, dès à présent, doit être vraisemblablement recherchée dans les chromosomes. En effet, la zone externe du noyau en contient, alors que le centre en est dépourvu; la partie du cytoplasme située à la périphérie du noyau en est plus abondamment pourvue que le reste.

Deuxième stade. — Les anneaux constituant les chaînes chromosomiques s'aplatissent, leur lumière a une tendance à s'oblitérer.

Sur les filaments qui forment les anneaux, une grande quantité de granules réticulo-nucléoliniens de toute taille sont situés de telle sorte que s'impose à l'esprit la conviction de leur exsudation par ces filaments.

Ce phénomène d'exsudation chromatique n'est d'ailleurs pas un fait isolé, je l'ai déjà observé pendant la mitose somatique de l'*Equisetum arvense* L. à une autre phase de la division.

Les granules exsudés par les squelettes chromosomiques s'en détachent et vont se répandre dans la zone externe du noyau, puis de là passent dans le cytoplasme ambiant. L'on peut observer, en effet, qu'il en existe peu de libres dans l'aire nucléaire, presque tous à la périphérie et qu'ils sont plus nombreux autour du noyau que dans le reste du cytoplasme.

C'est à ce stade que commençent à s'ébaucher les nucléoles. Quelques forts granules réticulo-nucléoliniens, accompagnés de portions assez importantes du squelette des chromosomes qui les supportent, se groupent aux pôles des deux noyaux frères en masses irrégulières dans lesquelles la proportion de réticuline est très forte.

Troisième stade. — L'ouverture des chaînons chromosomiques s'oblitère presque entièrement par suite de l'aplatissement plus accentué des anneaux. Il reste seulement, de place en place, quelques boutonnières dans les cordons chromosomiques enchevêtrés dont une partie, la moins importante, est située en profondeur dans le noyau, l'autre parcourant sa surface. Les

cordons portent encore des gouttelettes nombreuses d'exsudation chromatique dont l'émission commence à se ralentir.

Les embryons de nucléoles ne laissent plus percevoir les granules réticulo-nucléoliniens dont ils sont le produit. Ces granules se sont tassés les uns contre les autres et se sont soudés perdant ainsi leur individualité primitive. Les jeunes nucléoles sont alors des masses de nucléoline revêtues d'une sorte de réseau imprégné de chromatine réticulaire aux mailles très serrées. La proportion de nucléoline est en progression par rapport à la réticuline.

Il arrive souvent que de jeunes nucléoles ainsi constitués se trouvent rejetés hors du noyau. Ces nucléoles perdent alors leur chromatisme chromatinien rapidement et prennent un chromatisme plasmatique, retenant fortement les colorants spécifiques du cytoplasme. J'incline à penser qu'il faut voir dans ce processus l'origine des *nucléoles plastiques* classiques.

Quatrième stade. — Les filaments chromosomiques ne présentent plus d'ouvertures, ils sont simples et assez épais; de place en place ils se montrent plus épais. Ils forment un réseau très lâche par anastomose entre eux.

L'émission chromatique arrive à sa fin pendant ce stade. Le sac embryonnaire contient encore une assez grande quantité de granules, mais leur volume est très réduit. Ils sont en voie de dissolution active dans le cytoplasme.

Pourtant l'exsudation n'est pas terminée; mais les granules apparus à la fin de la période télophasique se modèlent sur les cordons chromosomiques et s'y incorporent, ils semblent uniquement utilisés pour leur rechromatinisation.

Les masses nucléolaires, souvent au nombre de quatre, deux à chacun des pôles d'un noyau, fusionnent en général deux à deux. Les deux nucléoles ainsi formés peuvent eux-mêmes parfois se réunir constituant un nucléole unique, mais ce cas semble exceptionnel.

A ce stade les dernières traces du fuseau achromatique ont disparu.

Conclusions. — La télophase de la division I dans le sac embryonnaire du *Fritillaria imperialis* L. comporte donc :

1° Probablement des chromosomes moniliformes dont l'axe nucléolinien s'individualise en granules expulsés dans le cytoplasme ambiant.

2° *a.* Des chromosomes imprégnés de réticuline, réduits à l'état de chaînettes, procédant des premiers, dont les anneaux s'aplatissent peu à peu, jusqu'à former des cordons pleins;

b. Ces squelettes chromosomiques exsudent des gouttelettes de nucléoline

expulsées d'abord dans le cytoplasme où elles se dissolvent ou bien utilisées, en fin de période, pour la rechromatinisation des cordons chromosomiques.

3° La formation de nucléoles qui naissent par agglomération des portions du squelette chromosomique accompagnées de quelques granules nucléoliniens provenant de l'axe primitif des chromosomes. L'expulsion dans le cytoplasme de quelques-uns d'entre eux donne lieu à l'existence de *nucléoles plasmatiques*.

MYCOLOGIE. — *L'action toxique de l'*Amanita phalloides *Fr.* Note (¹) de M. **Vittorio Pettinari**, présentée par M. P. Viala.

I. *Expériences sur les invertébrés et sur les vertébrés hétérothermes.* — Les propriétés vénéneuses de l'Amanite phalloïde sont bien connues depuis longtemps, mais le mécanisme d'action du poison, ou des poisons qu'elle renferme, est encore obscur. Je crois pourtant utile de faire connaître les premiers résultats d'une longue série d'expériences que j'ai entreprises il y a plusieurs années, pour étudier l'action du poison phalloïdien. Je commencerai par mes recherches sur les invertébrés et sur les vertébrés hétérothermes.

Technique et matériel employé. — Les recherches ont été faites avec des exemplaires d'*Amanita phalloides* Fr. (²), soit frais, soit desséchés à la chaleur, recueillis dans les environs de Milan.

J'en ai préparé des extraits par macération et par macéro-décoction aqueuse en solutions diverses, entre 25 et 50 pour 100 pour les champignons frais et entre 2,5 et 5 pour 100 pour les champignons desséchés (on peut à peu près évaluer à 90 pour 100 la perte en poids produite par le desséchement).

Pour contrôler l'action toxique du poison, j'employai des extraits préparés de la même façon d'un champignon comestible (*Boletus edulis*, *Protella arvensis*, etc.).

Les expériences peuvent être divisées en quatre groupes :

1° Expériences sur les infusoires, les larves d'insectes, les petits crustacés, etc. ;

2° Expériences sur les écrevisses;

3° Expériences sur les poissons;

4° Expériences sur les reptiles et les amphibies.

(¹) Séance du 29 décembre 1924.

(²) Il ne faut pas confondre l'*Amanita phalloides* avec l'*Amonita citrica* Pers. et l'*Amanita mappa* Batsch. qui sont des espèces à part et qui, à tort, ont été quelquefois considérées comme de simples variétés de la première. Mes expériences, ainsi que celles d'autres auteurs, ont démontré que ces espèces, tout en contenant de l'hémolysine, ne sont pas toxiques.

1. *Action sur les infusoires, larves d'insectes, etc.* — J'ai observé ces petits êtres dans une capsule de verre, après avoir ajouté des quantités diverses d'Amanite phalloïde ou de champignon de couche. Avec ces derniers ou d'autres champignons comestibles, je n'ai jamais aperçu aucune modification : leur vie n'était pas dérangée, même par des concentrations assez fortes. Les choses se passaient bien diversement lorsque j'ajoutais les extraits d'Amanite phalloïde.

La résistance au poison varie fortement selon ces espèces; mais toutes celles sur lesquelles j'ai fait des expériences ont manifesté des symptômes toxiques qui, d'un simple trouble, pouvaient aller jusqu'à la mort.

Les paramécies, après un temps variable, selon le degré de concentration du poison (de quelques minutes à plusieurs heures) ralentissent leurs mouvements de translation et restent inhibés dans leur activité vitale. A ce moment, la dilution, avec de l'eau pure, ne suffit pas à détruire les effets toxiques, la vie a définitivement cessé.

Les vorticelles sont encore plus sensibles et succombent à des doses qui sont inoffensives pour les paromécies.

Les cyclopes et les autres petits crustacés tels que les ostracodes (cypris) et les cladocères (daphnies) sont aussi peu résistants. A ce propos, il est intéressant de rappeler que ces êtres, qui ont la même sensibilité au poison phalloïdien, présentent au contraire un différent degré de perméabilité à la coloration intra-vitale. Tandis que les daphnies reçoivent avec grande facilité les substances colorantes, les cyclopes sont très résistants à leur pénétration. Ceci nous porte à croire que l'action du poison ne s'exerce pas simplement par ce fait que l'animal en est imbibé passivement, mais qu'elle s'explique par un procédé plus complexe.

La mort des plathelmintes n'arrive qu'après un long délai et elle est précédée d'évidents symptômes d'intoxication. Les larves des diptères, ou des éphémérides, au contraire, ne meurent pas, mais présentent des phénomènes d'empoisonnement, c'est-à-dire un état général d'étourdissement qui cesse rapidement lorsqu'elles sont remises dans l'eau pure.

2. *Action sur les écrevisses* (*Asthacus saxalitis*). — Avec une injection de $0^{cm^3},5$ d'extrait, l'animal meurt après un espace de 2 ou 3 jours. Tout à coup, il se replie sur le fond du vase et reste renversé sans essayer de reprendre sa position normale. La mort le saisit dans cet état de parésie.

3. *Action sur les poissons.* — L'action de l'Amanite phalloïde sur les poissons a été niée. Ferri (1913) ayant injecté des tanches ne remarqua aucun type d'empoisonnement. Mais il n'observa les animaux que pendant quelques heures.

J'ai employé la *Tinca vulgaris*, le *Coratius auratus* et l'*Amiurus nebulosus*. Tous ces poissons supportent parfaitement des doses faibles (1 à 8 pour 1000 de leur poids), mais succombent à des doses plus fortes (2 à 8 pour 100), après un espace de 12 à 72 heures, selon la grosseur du poisson, son espèce et la quantité injectée; le plus sensible est l'*Amiurus nebulosus*; le plus résistant le *Tinca vulgaris*.

Comme toujours les premiers symptômes se manifestent d'une façon apparemment brusque, après une longue période d'incubation. A l'autopsie, on aperçoit des phénomènes congestifs, des hémorragies dans les organes et dans les membranes séreuses. Le foie est souvent en évidente dégénération graisseuse, les reins congestionnés, la vessie biliaire pleine.

4. *Action sur les reptiles et les amphibies.* — Les expériences ont été faites sur les lézards (*Lacerta muralis*), les tritons (*Molge cristata*), les grenouilles (*Rana esculenta*). Les unes comme les autres ont montré une complète insensibilité au poison. Je ne veux pas tirer de ces expériences une affirmation absolue, parce que je n'ai pu poursuivre mes observations au delà du quatrième jour. En tout cas leur sensibilité est très faible.

Conclusions. — 1. Le poison phalloïdien agit non seulement sur les vertébrés homo-thermes, mais aussi sur les infusoires, les petits crustacés, les larves d'insectes, les écrevisses, les poissons.

2. Il n'a aucune action sur le cœur isolé des grenouilles et selon toute probabilité n'exerce aucune action toxique sur les lézards, les tritons et les grenouilles.

3. Son action s'explique par l'introduction para-entérale d'une façon apparemment brusque après une longue période d'incubation.

4. Il n'est pas possible de démontrer une localisation spécifique ou une action élective du poison.

ZOOLOGIE. — *Le verdissement des Huîtres.* Note de M. **Gilbert Ranson**, présentée par M. Joubin.

Dans une Note insérée dans le *Bulletin de la Société zoologique de France*, j'ai exposé les résultats d'expériences permettant de compléter celles précédemment faites par Bornet et Puységur puis par Sauvageau pour mettre ces dernières à l'abri de toute critique, ainsi que d'autres expériences complétant les précédentes et permettant d'affirmer que c'est bien le pigment de la Navicule qui fait verdir les branchies, les palpes, l'intestin terminal et les bords du manteau des Huîtres.

Les dernières expériences consistaient à isoler complètement le pigment et à étudier son action.

J'ai réussi, depuis, à obtenir, par un moyen mécanique, une eau de mer contenant uniquement du pigment de Navicules, en solution. J'ai alors placé des Huîtres dans cette eau; elles ont verdi en 24 heures. Leurs branchies étaient fortement pigmentées. Elles l'étaient d'autant plus que le pigment était plus abondant dans l'eau.

J'ai obtenu en 24 heures des Huîtres plus vertes que celles ayant passé deux ou trois mois dans les claires.

On expliquait ainsi l'action de la Navicule. L'Huître provoque un courant d'eau qui entraîne de petits crustacés, des diatomées et, en particulier, des *Navicula ostrearia* Bory, servant à sa nourriture. Le pigment non modifié par les sucs digestifs, absorbé, passe dans le sang d'où il est expulsé

par les leucocytes qui se rendent aux branchies et aux palpes qu'ils colorent puis traversent l'épithélium branchial, rejetant ainsi le pigment inutile à l'extérieur. Le phénomène apparaissait donc comme un cas particulier de l'excrétion leucocytaire.

Les expériences suivantes montrent que le mécanisme du phénomène est tout autre.

J'enlève à une Huître blanche une partie de sa valve supérieure de façon à ne pas toucher au muscle adducteur. Dans ces conditions l'Huître transportée dans son milieu naturel peut vivre très longtemps. Au contraire si l'on touche au muscle adducteur l'Huître meurt rapidement.

Je découvre ainsi le manteau, les branchies, les palpes en partie. Avec une pince et un ciseau, perforant le manteau, j'extirpe, petit à petit, l'estomac de cette Huître. Je me suis rendu compte qu'une Huître ainsi préparée vit encore au moins trois jours dans son milieu naturel. Trois jours après cette mutilation elle répond encore parfaitement aux attouchements du manteau ou du muscle adducteur en rapprochant ses deux valves. Aussitôt préparée, je place une Huître sur fond de sable, dans un cristallisoir contenant de l'eau colorée en vert par du pigment de Navicule. En vingt-quatre heures, les branchies verdissent fortement. Les branchies rougissent si je place l'Huître dans une eau contenant du rouge neutre, se colorent en rose avec la safranine, en bleu avec le bleu de méthylène.

Dans tous les cas, il s'agit non pas d'une absorption stomacale puis d'une excrétion leucocytaire, mais d'une pénétration directe du pigment vert ou des colorants artificiels dans l'epithélium de la branchie, à travers la membrane épithéliale, puisque j'ai extirpé l'estomac des Huîtres.

Avec le rouge neutre, qui colore rapidement la branchie et aussi le manteau, on constate que l'eau se décolore à mesure que l'Huître se colore et bientôt l'eau redevient parfaitement claire. La branchie de l'Huître opère une véritable filtration de l'eau dans laquelle elle est plongée. Le phénomène est bieu connu pour les particules solides en suspension dans l'eau de mer. L'eau se clarifie rapidement et l'on trouve près de l'Huître les particules agglutinées par du mucus et rejetées hors de la cavité palléale.

Certaines snbstances, en solution dans l'eau, traversent la membrane semi-perméable des cellules épithéliales des branchies et colorent celles-ci; d'autres subtances en solution sont rejetées à l'extérieur par le même processus que les particules solides.

Ainsi, ayant reconnu l'action du pigment du *Navicula ostrearia* Bory dans le verdissement de certains organes de l'Huître, nous pouvons dire

maintenant que ce pigment pénètre directement à travers la membrane des cellules épithéliales de ces organes où il se fixe.

Il reste à savoir dans quelles circonstances la Navicule expulse le pigment qui la colore. Je ne veux faire aucune hypothèse facile à ce sujet. J'attends d'avoir des résultats précis pour en parler.

Comme toujours, lorsqu'il s'agit de pigments, le meilleur et souvent l'unique moyen d'observation est l'observation directe sur le frais ou de coupes à la congélation. En tout cas, c'est le premier moyen à utiliser. De même, pour les organes colorés par des colorants artificiels. Mais le pigment qui colore les huîtres étant insolûble dans tous les réactifs histologiques, on peut faire dans l'Huître des coupes suivant les méthodes courantes.

J'ai fait des coupes à la congélation dans des branchies et des palpes d'Huîtres vertes, puis dans des branchies rougies par le rouge neutre. J'ai également fait des coupes dans des branchies vertes fixées au Carazzi. Mais, le plus souvent, j'ai observé sur le frais.

Toutes mes observatious sont concordantes : le pigment, comme tous les colorants artificiels, colore toutes les cellules épithéliales de la branchie, en dehors des cellules muqueuses, et non des cellules particulières. Il est concentré dans chaque cellule entre les granules ciliaires, dont il est séparé par une légère zone incolore et le noyau, ainsi que l'a déjà très bien montré Carazzi [1].

Je reviendrai d'ailleurs ultérieurement sur cette répartition du pigment et des colorants artificiels pour la préciser.

PHYSIOLOGIE. — *Quelques observations sur le mécanisme de l'anaphylaxie sérique.* Note de M. **Harry Plotz**, présentée par M. Roux.

Dans une Communication antérieure, en collaboration avec M. Schœn [2], nous avons montré que la réaction *réelle* du sérum subit des changements considérables. Conservé dans des conditions qui permettent le départ de l'acide carbonique contenu dans le sérum, celui-ci s'alcalinise de plus en plus. Nous avons indiqué que ces modifications physico-chimiques du

---

(1) Dav. Carazzi, *Contributo all'istologia e alla fisiologia dei Lamellibranchi.* 1. *Ricerche sur les ostriche verdi* (*Mitt. aus der Zool. stat. zu Neapel*, t. 12, Berlin, 1897, p. 381).

(2) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1926; *Annales Inst. Pasteur*, t. 38, 1924, p. 923.

sérum nous semblent avoir une importance pour l'étude de l'anaphylaxie sérique.

Les expériences entreprises à ce sujet ont donné les résultats suivants :

Un certain nombre de cobayes, de 250^{g} à 300^{g} sont sensibilisés avec $\frac{1}{200}$ de centimètre cube de sérum *frais* de cheval. L'injection déchaînante est effectuée, 20 jours après, par l'injection, dans la carotide, de sérum également *frais*, fourni par le même cheval. La dose mortelle est de $\frac{1}{40}$ de centimètre cube. Ce même sérum est distribué stérilement dans des tubes à essai, à raison de 5$^{cm^3}$ par tube, et conservé à 37°. 24 jours après un séjour à l'étuve à 37°, $\frac{1}{4}$ de centimètre cube de sérum, injecté dans la carotide, ne produit que des symptômes faibles. La toxicité du sérum a donc diminué de 10 fois. Ce fait a déjà été signalé par M. Besredka ([1]), qui a montré que le sérum vieilli est moins toxique que le sérum frais.

Un deuxième lot de cobayes, de 250^{g} à 300^{g}, a été sensibilisé avec le sérum *vieilli* à l'étuve à 37°. Après 20 jours, on procède à l'épreuve déchaînante. Cette fois aussi on emploie, d'abord, du sérum frais. L'injection de $\frac{1}{4}$ de centimètre cube de sérum *frais* ne produit que des symptômes faibles, et l'animal survit. Ce sérum est alors distribué stérilement dans des tubes à essai, à raison de 5$^{cm^3}$ par tube, et conservé à 37°. On détermine sa toxicité tous les 3 jours. Après 3 jours de séjour à l'étuve, ce sérum provoque déjà un choc mortel à la dose de $\frac{1}{4}$ de centimètre cube; après 9 jours, la dose mortelle correspond à $\frac{1}{10}$ de centimètre cube; la toxicité augmente ensuite, au fur et à mesure que le sérum reste plus longtemps exposé à 37°. On constate donc l'inverse dans cette série d'expériences de ce qui s'est produit dans la première série.

Le sérum *frais* se montre donc très toxique pour les cobayes sensibilisés avec du sérum *frais*; cette toxicité diminue progressivement lorsque le sérum est exposé à 37°. D'autre part, des cobayes, sensibilisés avec du sérum *vieilli* à 37° — pendant 3 à 4 semaines — réagissent faiblement à l'injection de sérum *frais*; ils réagissent fortement à celle du sérum *vieilli* à 37°. Donc la toxicité de ce sérum augmente progressivement vis-à-vis des cobayes sensibilisés au sérum *vieilli*. Ce fait pourrait être rapproché de l'observation faite par M. Besredka ([2]), que les cobayes sensibilisés avec de l'albumine du blanc d'œuf chauffée réagissent seulement à l'injection d'albumine chauffée et non pas à celle d'albumine fraîche.

([1]) *Anaphylaxie et antianaphylaxie* (Masson), p. 38.

([2]) *Ibid.*, p. 28.

Quel est le rôle de l'acide carbonique dans les phénomènes qui viennent d'être signalés?

Nos expériences montrent que, lorsqu'on fait passer un courant de CO^2 dans du sérum *vieilli*, c'est-à-dire devenu peu toxique pour les cobayes sensibilisés avec du sérum *frais*, ce sérum devient de plus en plus toxique; sa toxicité peut dépasser même la toxicité initiale, c'est-à-dire de ce sérum à l'état frais. Par contre, lorsqu'on débarrasse le sérum de son CO^2 par le vide, sa toxicité diminue immédiatement.

Des résultats analogues ont été obtenus chez des cobayes sensibilisés avec du sérum *vieilli* à 37°. Dans ce cas, le sérum *frais* produit des symptômes faibles; sa toxicité disparaît même complètement lorsqu'il est traité par CO^2. Ces observations sont à rapprocher des faits signalés récemment par Aug. Lumière (¹) en ce qui concerne la toxicité du sérum de bœuf pour les animaux du laboratoire, suivant la teneur du sérum en CO^2.

Nous sommes ainsi amenés à conclure que la spécificité, dans l'anaphylaxie sérique, dépend, non seulement de la nature du sérum, mais aussi de son *état physico-chimique*. Deux facteurs, au moins, interviennent ainsi dans la réaction anaphylactique : l'état physico-chimique du sérum employé pour la sensibilisation et l'état physico-chimiuue du sérum employé pour l'épreuve déchaînante.

ÉLECTRICITÉ PHYSIOLOGIQUE. — *Double chronaxie du système optique de l'homme.* Note de M. **Georges Bourguignon** et Mlle **Renée Déjean**, présentée par M. d'Arsonval.

On sait depuis longtemps que la fermeture et l'ouverture d'un courant continu traversant l'œil provoquent, lorsque l'intensité est suffisante, une sensation lumineuse très brève, un *phosphène*, très semblable à celui que produisent une pression ou un choc sur le globe oculaire.

L'un de nous a eu l'idée de se servir du phosphène électriquement provoqué pour chercher à mesurer la chronaxie du système optique de l'homme (²). Sans préciser s'il s'agit d'une excitation du nerf optique dans son trajet ou à la papille, ou d'une excitation de la rétine, il a montré que, en première approximation, la chronaxie du système optique est comprise

(¹) *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 218.

(²) Bourguignon, *La chronaxie chez l'homme* (*Thèse de la Faculté des sciences de Paris*, 1 vol., Masson, 1923, p. 213 à 215).

entre 1^{σ} et 3^{σ} (¹), toujours plus grande que la chronaxie des systèmes neuro-musculaires et des nerfs de sensibilité générale.

Partant de ces premiers résultats, nous avons cherché à préciser davantage la valeur de la chronaxie du système optique, notamment en variant la situation de l'électrode et en faisant les mesures tantôt avec le pôle instrumental négatif, tantôt avec le pôle instrumental positif. Nous avons aussi contrôlé les résultats de l'excitation monopolaire par des expériences avec la méthode bipolaire : les résultats ont été concordants.

Le montage est celui que l'un de nous a toujours employé pour la mesure de la chronaxie chez l'homme (²).

Le plus souvent nous avons employé les condensateurs. Quelques mesures de contrôle ont été faites avec le pistolet de Weiss : les résultats sont concordants.

Nos expériences ont porté sur six sujets différents, sur l'œil droit et sur l'œil gauche.

La *rhéobase* est toujours très petite : en volts, elle est comprise entre 2 et 10 volts; en milliampères, elle est toujours inférieure à $\frac{1}{10}$ de milliampère et souvent inférieure à $\frac{1}{100}$ de milliampère, ce qui la rend non mesurable avec les milliampèremètres courants.

En explorant les différents secteurs du globe oculaire, tantôt avec le pôle négatif, tantôt avec le pôle positif, on voit que toutes les valeurs de la chronaxie se groupent en deux séries nettement distinctes. L'une des séries comprend les chronaxies comprises entre $1^{\sigma},1$ et $1^{\sigma},9$. L'autre série groupe les chronaxies comprises entre $2^{\sigma},1$ et $2^{\sigma},7$. Voici une liste des valeurs de la chronaxie trouvées chez nos six sujets; dans chaque série, les chronaxies sont classées par ordre de grandeur croissante : chaque valeur ne figure qu'une fois, mais chacune a pu être observée dans plusieurs expériences :

1re série : $1^{\sigma},12$; 1,20; 1,24; 1,28; 1,32; 1,44; 1,56; 1,68; 1,72; 1,76; 1,84; 1,88;
2e série : $2^{\sigma},12$; 2,16; 2,20; 2,24; 2,28; 2,32; 2,36; 2,44; 2,52; 2,60; 2,68.

Dans la première série, les chronaxies comprises entre $1^{\sigma},12$ et $1^{\sigma},3$ et les chronaxies comprises entre $1^{\sigma},6$ et $1^{\sigma},9$ sont les plus rarement observées. Nous n'avons même rencontré qu'une seule fois les chronaxies $1^{\sigma},84$ et $1^{\sigma},88$. Le plus grand nombre a été compris entre $1^{\sigma},3$ et $1^{\sigma},6$. De même dans

(²) La chronaxie est exprimée en $\frac{1}{1000}$ de seconde qu'on désigne par la lettre σ.
(¹) G. Bourguignon, *loc. cit.*, p. 79 et suiv.

la deuxième série, nous n'avons trouvé qu'une seule fois les chronaxies de $2^{\sigma},12$, de $2^{\sigma},16$ et de $2^{\sigma},68$. Au contraire, les chronaxies comprises entre $2^{\sigma},20$ et $2^{\sigma},60$ ont été rencontrées chacune plusieurs fois. Comme, d'autre part, nous n'avons jamais rencontré de chronaxies comprises entre $1^{\sigma},88$ et $2^{\sigma},12$, il y a bien une séparation entre les deux séries.

L'existence de deux groupes de chronaxies étant établie, nous avons cherché quelle pouvait en être la signification.

Nous nous sommes d'abord rendu compte que le sujet peut nettement localiser le phosphène dans son œil et qu'on peut classer les phosphènes en deux catégories suivant qu'ils sont centraux ou périphériques. Mais, pour cette localisation, il faut prendre garde à la direction de l'axe de l'œil. Il ne faut donc pas se baser sur une localisation faite l'œil fermé. Il faut soit opérer sur l'œil ouvert, chose possible, comme nous nous en sommes rendu compte, soit laisser ouvert l'œil sur lequel on n'opère pas en faisant fixer un point au sujet pour déterminer une orientation fixe de l'axe des yeux.

Dans ces conditions, *toutes les fois que l'excitation électrique donne un phosphène central, la chronaxie appartient à la deuxième série*, celle des chronaxies les plus grandes; au contraire, *toutes les fois que le phosphène est localisé à la périphérie, que ce soit en dedans, en dehors, en haut ou en bas, la chronaxie appartient à la première série*, celle des chronaxies les plus petites.

On peut donc dire que la chronaxie correspondant aux phosphènes périphériques est comprise entre $1^{\sigma},1$ et $1^{\sigma},9$ et que la chronaxie correspondant aux phosphènes centraux est comprise entre $2^{\sigma},1$ et $2^{\sigma},8$. Remarquons que, dans chacune de ces séries, l'écart entre les valeurs extrêmes est plus petit que dans les mesures de chronaxie des nerfs moteurs et des muscles.

Voici un exemple de cette expérience sur un même sujet :

Œil droit (méthode monopolaire).

Situation de l'électrode.	Localisation du phosphène.	Chronaxie.
		σ
Ligne médiane, sur la paupière inférieure.......	Périphérique	1,76
Angle externe................................	Périphérique	1,56
Électrode sur l'œil fermé dans l'axe de la pupille..	Central	2,68

Les résultats sont les mêmes avec l'excitation bipolaire, comme nous l'avons constaté chez un autre sujet.

Voici d'autre part une série de valeurs de la chronaxie suivant la locali-

sation du phosphène sur différents sujets :

Phosphène central : $2^{\sigma},08$; 2,20; 2,32; 2,42.
Phosphène périphérique : $1^{\sigma},20$; 1,28; 1,32; 1,44; 1,56; 1,72; 1,88.

Nous avons même réussi à faire des lois d'Hoorweg pour le phosphène central et pour le phosphène périphérique; ces lois mettent le même fait en évidence.

L'excitation bipolaire, montrant qu'il s'agit bien d'une excitation intra-oculaire et non d'une excitation du nerf optique à distance et la localisation du phosphène permettant de localiser la région rétinienne excitée, l'hypothèse la plus vraisemblable pour expliquer l'existence des deux chronaxies de l'œil est que la petite chronaxie ($1^{\sigma},1$ à $1^{\sigma},9$) est celle des régions de la rétine les plus riches en bâtonnets, et que la grande chronaxie ($2^{\sigma},1$ à $2^{\sigma},8$) est celle de la région de la fovea, qui ne renferme que des cônes. Ces résultats sont d'ailleurs d'accord avec ceux de N. Kleitman et H. Piéron, qui ont, indépendamment de nous, étudié l'excitabilité des différentes régions de la rétine pour la lumière et ont montré que les bâtonnets sont des organes plus rapides que les cônes [1].

Comme il est peu probable que les cônes et les bâtonnets, appareils sensoriels, soient très excitables par l'électricité et qu'il est vraisemblable que l'excitation électrique agit de préférence sur les éléments nerveux correspondants, il est légitime de supposer que c'est la chronaxie des éléments nerveux et non des appareils terminaux que nous avons mesurée. Aux bâtonnets, organes rapides, correspondraient donc des éléments nerveux de chronaxie plus petite que ceux qui correspondent aux cônes, organes plus lents.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Recherches sur le diabète insipide et la diurèse.* Note [2] de MM. **Jean Camus** et **J.-J. Gournay**, présentée par M. Charles Richet.

La lésion du *tuber cinereum*, indépendamment de toute atteinte de l'hypophyse, détermine expérimentalement une polyurie considérable, parfois un diabète insipide permanent. La lésion des noyaux du *tuber* n'agit pas

(1) N. Kleitman et H. Piéron, *Société de Biologie*, t. 91, n° 25, 1924, p. 456.
(2) Séance du 17 novembre 1924.

alors sur les reins par voie nerveuse, car l'énervation complète des reins n'empêche pas la polyurie. Si le phénomène ne se produit pas par l'intermédiaire du système nerveux rénal, c'est donc qu'il se produit par voie humorale.

Nous avons montré que, chez les animaux, le diabète insipide est lié à un trouble du métabolisme des nucléo-protéides (diminution de l'acide urique des urines et augmentation des autres purines ainsi que des phosphates) ([1]).

Cette constatation nous a amenés à penser que ces purines ont un rôle diurétique dans l'organisme, rôle analogue à celui de la théobromine, de la caféine, qui, on le sait, sont des purines.

La preuve directe du bien-fondé de cette hypothèse a été apportée par nous quand nous avons produit une diurèse considérable par l'injection à des animaux normaux de bases puriques préparées chimiquement ([2]).

Le complément naturel de ces recherches était l'étude du métabolisme des nucléoprotéides chez les hommes atteints de diabète insipide ou de polyurie.

Nous avons pu réunir quatre cas de diabète insipide avec analyses des urines. Nous avons employé la méthode de Ronchese pour le dosage de l'acide urique et la méthode d'Haycraft-Denigès pour le dosage des purines totales. Les deux résultats étant connus, une simple soustraction indique la quantité de purines autres que l'acide urique.

Nous ne donnons ici que les chiffres de nos analyses, se rapportant toujours à 24 heures.

1° *Diabète insipide; syphilis; métastases de néoplasme du sein* (régime normal) :
Volume urinaire, 3000; acide urique, 0g,28; bases puriques, 0g,93.
2° *Diabète insipide; syphilis ancienne* (régime ordinaire hypochloruré) :
Le 23 mars 1924 : volume urinaire, 13000; acide urique, 0; bases puriques, 3g,67.
Le 2 avril 1924 : volume urinaire, 15000; acide urique, 0; bases puriques, 3g,46.
3° *Diabète insipide* (régime déchloruré) :
Volume urinaire, 4000; acide urique, 0,18; bases puriques, 1g,14.
4° *Diabète insipide; éthylisme chronique, aucune lésion rénale* (régime normal).
Le 23 mars 1924 : volume urinaire, 4500; acide urique, 0g,38; bases puriques, 0g,97.
Le 2 avril 1924 : volume urinaire, 4500; acide urique, 0g,50; bases puriques, 0g,94.

Dans tous ces cas on note une diminution de l'acide urique et

---

([1]) *Sur le mécanisme du diabète insipide* (*Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 289).
([2]) *Action diurétique des bases puriques* (*Société de Biologie*, t. 90, 1924, p. 335).

surtout une augmentation des bases puriques par rapport à la normale.

Il est permis de se demander si nos méthodes de dosage nous donnent très exactement la quantité d'acide urique et le chiffre des autres purines; il est possible que dans ces méthodes combinées, ce dernier chiffre englobe sous une forme un peu spéciale une partie de l'acide urique de l'urine. Afin de limiter les erreurs, nous avons fait établir le contrôle de nos analyses dans quatre laboratoires par des chimistes différents; les résultats ont été voisins, ou tout au moins sont restés dans le même sens, dénotant l'augmentation considérable des purines.

La malade de MM. Babonneix, Hutinel et Azerad a fait l'objet d'une communication indépendante de nos recherches et les auteurs, sans s'occuper du mécanisme que nous voulons mettre en lumière, avaient publié une analyse indiquant un chiffre de $0^{g},02$ d'acide urique par litre d'urines, soit 0,08 à 0,10 par 24 heures, chiffre infiniment au-dessous de la normale, ce qui n'était pas sans intérêt pour nous; cette malade, revue trois mois plus tard, avait encore une quantité faible d'acide urique et par contre une grande quantité d'autres purines.

Dans l'observation de Mlle Le Breton et de M. Kayser (prise à Strasbourg) les analyses, poursuivies avec une technique différente et plus précise, ont fourni des chiffres qui conduisent exactement aux mêmes conclusions que les nôtres.

Indépendamment des cas de diabète insipide que nous avons cités plus haut, nous avons examiné les urines de malades atteints d'affections aiguës avant et pendant la crise urinaire et nous avons noté le même phénomène : l'augmentation très importante des purines autres que l'acide urique.

D'après les recherches expérimentales de Jean Camus et G. Roussy, la polyurie et le diabète insipide sont causés par une lésion du *tuber* et en particulier des noyaux propres du *tuber*. D'après nos derniers travaux, cette lésion apporte une perturbation dans le métabolisme des nucléo-protéides, une augmentation de l'élimination de purines diurétiques. Le mécanisme est donc double, à la fois nerveux et humoral. La lésion nerveuse n'est pas nécessaire pour produire la polyurie, car l'augmentation des purines diurétiques peut, sans aucun doute, se faire sans elle. Mais le système nerveux intervient là, comme ailleurs, à titre d'agent régulateur.

Si nous rapprochons les conclusions de la présente Communication de celles que nous avons faites dernièrement à l'Académie de Médecine avec M. A. Le Grand, nous voyons que le *tuber* contient côte à côte d'une part des

centres régulateurs du métabolisme des hydrates de carbone, d'autre part des centres régulateurs du métabolisme des nucléo-protéides.

A $15^h 50^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 30^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 5 janvier 1925.)

Note de M. *L. Lecornu*, Sur la déformation tétraédrique :

Page 24, ligne 1, *au lieu de* maximum de symétrie, *lire* maximum de simplicité et de symétrie.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de décembre 1924 (*suite et fin*).

Cours d'Astronomie appliquée et Géodésie professé à l'École spéciale des travaux publics, du bâtiment et de l'industrie, par H. Roussilhe. Paris, Léon Eyrolles, 1924; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

Moteurs à combustion interne, par Paul Dumanois. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1924; 1 vol. 23cm,5.

Principes d'Algèbre et d'Analyse, par Émile Borel. Paris, Albin Michel, 1924; 1 vol. 19cm,5.

La vie par le stade, par A. Thooris. Paris, Amédée Legrand, 1924; 1 vol. 24cm. (Présenté par M. A. d'Arsonval.)

L'angoisse humaine, par Maurice de Fleury. Paris, les Éditions de France, 1924; 1 vol. 19cm. (Présenté par M. E. Roux.)

Spirochétoses respiratoires stomatogènes, par G. Delamare. Paris, Masson et Cie, 1924; 1 vol. 20cm. (Présenté par M. H. Vincent.)